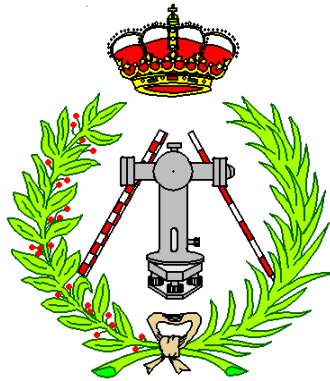


*ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA EN TOPOGRAFÍA,
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA*



LEVANTAMIENTO Y ENCAJE DE UNA LÍNEA DE TRANVÍA EN TOLEDO

DICIEMBRE 2012

Alumnos:

Laura Viñas Sanz

Salvador Bejerano Palomo

Tutor:

José Ricardo Roca Novoa

ÍNDICE

Página

▪ Capítulo 1. Introducción al proyecto	3
▪ Capítulo 2. Definición del proyecto	4
➤ 2.1 Antecedentes	4
➤ 2.2 Descripción del proyecto	5
➤ 2.3 Localización	5
▪ Capítulo 3. Redes	8
➤ 3.1 Enlace con la Red Geodésica.....	8
○ 3.1.1 Introducción	8
○ 3.1.2 Materialización de la red secundaria	8
○ 3.1.3 Material y método utilizados	10
○ 3.1.4 Observación de la red secundaria	12
○ 3.1.5 Estadillo de observación.....	13
➤ 3.2 Cálculo de la red secundaria	13
○ 3.2.1 Obtención de coordenadas	13
○ 3.2.2 Estudio de precisiones	15
➤ 3.3 Conclusiones	16
▪ Capítulo 4. Levantamiento	17
➤ 4.1 Levantamiento en RTK	17
○ 4.1.1 Material utilizado	17
○ 4.1.2 Método utilizado	18
➤ 4.2 Levantamiento con estación	19
○ 4.2.1 Material utilizado	19
○ 4.2.2 Método utilizado	19
➤ 4.3 Cálculo del levantamiento.....	20
○ 4.3.1 Cálculo de coordenadas RTK	20
○ 4.3.2 Cálculo de coordenadas radiadas	20
➤ 4.4 Listados de coordenadas calculadas	21
○ 4.4.1 Poligonal	21
○ 4.4.2 TopCal	22

▪ Capítulo 5. Nivelación geométrica	23
➤ 5.1 Material y método utilizados	23
➤ 5.2 Cálculo y estudio de resultados	25
▪ Capítulo 6. Modelo Digital del Terreno	28
➤ 6.1 Importación de los puntos y obtención del modelo	28
➤ 6.2 Edición del plano base	31
▪ Capítulo 7. Diseño y encaje de la vía	33
➤ 7.1 Normativa Vigente en FFCC	33
➤ 7.2 Geometría de la vía	33
○ 7.2.1 Trazado en planta	33
○ 7.2.2 Trazado en alzado	35
○ 7.2.3 Sección Tipo	36
▪ Capítulo 8. Presupuesto	38
➤ 8.1 Relación de precios unitarios y costes generales	39
➤ 8.2 Relación de precios descompuestos	40
➤ 8.3 Presupuesto parcial	41
➤ 8.4 Presupuesto total	42
▪ Capítulo 9. Anexos	43
➤ Anexo 1. Reportaje fotográfico	43
➤ Anexo 2. Reseñas	50
○ Reseñas Red Secundaria	50
○ Reseña Señal de Nivelación	93
➤ Anexo 3. Coordenadas ajustadas de las bases. LeicaGeoffice	94
➤ Anexo 4. Coordenadas calculadas de las bases. TopCal	95
➤ Anexo 5. Datos de la geometría. CLIP	98

1. INTRODUCCIÓN AL PROYECTO

El Proyecto Fin de Carrera es el último paso a realizar tras haber cursado los tres años de aprendizaje de los que consta la carrera. Su correcta realización y posterior aprobado es lo que otorga al alumno el título de Ingeniero Técnico en Topografía.

Es indispensable que el proyecto se ajuste a los contenidos estudiados en dichos cursos, y que por tanto se corresponda con algún caso práctico que pueda surgir en un futuro profesional. De esta forma, además de otorgar el correspondiente título también le ofrece al alumno la posibilidad de poner en práctica métodos, técnicas o conocimientos en aparatos topográficos que más adelante tendrá que aplicar al ejercer la profesión.

El caso que nos ocupa es realizar como Proyecto Fin de Carrera el levantamiento y encaje de una línea de tranvía en Toledo. En este proyecto se combinan la utilización de técnicas mediante aparatos GPS, métodos topográficos para la realización de la poligonal, levantamiento y nivelación, así como el procesamiento de datos con programas de CAD para obtener un modelo digital del terreno de la zona de ocupación.

Los factores determinantes que han conducido a la realización de un proyecto de estas características se podrían resumir como los siguientes:

- Novedad del proyecto, pues hasta la fecha se ha tratado poco el tema de la ejecución de topografía de obras aplicada a medios de transporte férreos, en este caso concreto, el tranvía.
- Proximidad y conocimiento de la zona de ocupación de la obra. Toledo es una ciudad cercana a la Universidad, por lo que desplazarse hasta ella para realizar todos los pasos del proyecto no es un inconveniente. Además, la zona concreta del levantamiento es una de las principales partes de la ciudad por la que se accede al casco histórico de la misma.
- Atractivo que ejerce el tranvía como medio de transporte, gracias en parte a su actual renacimiento en muchas ciudades.
- Elaboración de un proyecto completo, que reúna la utilización en una obra de diferentes metodologías y aparatos topográficos.

En el siguiente capítulo, se exponen de manera detallada el objetivo principal que se pretende alcanzar con este proyecto de obra lineal y las características de la zona donde se llevaría a cabo.

2. DEFINICIÓN DEL PROYECTO

➤ 2.1 ANTECEDENTES

Toledo, ciudad Patrimonio de la Humanidad, es un destino turístico que acoge cada año a miles de visitantes, tanto nacionales como extranjeros. Es una de las ciudades españolas que encabezan la lista en cuanto a cifras referidas al sector turístico de nuestro país.

Debido a esta afluencia de turistas, la ciudad cuenta con medios de transporte para acceder a ella desde otras ciudades, siendo el más utilizado el tren de alta velocidad, AVE, que recorre diariamente la línea Madrid-Toledo.

Sin embargo, para desplazarse por la ciudad, los visitantes cuentan únicamente con un servicio propiamente destinado para ellos, los llamados autobuses turísticos. Éstos, por una tarifa fija, recorren el casco histórico de la ciudad, y permiten subir y bajar a los pasajeros tantas veces quieran para desplazarse entre los diferentes monumentos. Pero la ciudad, aparte de contar con estos monumentos característicos que ya conocemos, debe su encanto al tejido urbano de origen primeramente romano y posteriormente musulmán, formado por calles estrechas y empinadas. Los autobuses no pueden recorrer este entramado, y es por esto que resultan únicamente útiles en salvar la distancia entre la parte periférica y moderna de la ciudad y la parte histórica que encierra la muralla.

Desde nuestro punto de vista, este medio de transporte no nos resulta estético, aparte de ser contaminante y ruidoso. Son estos los motivos que nos llevan a considerar un medio alternativo, que se integre visualmente en la ciudad y se complemente con el tráfico existente en la misma, y sobre todo que recorra de manera silenciosa los casi 1.3 km que separan dos destinos fundamentales de Toledo: la estación de trenes de alta velocidad, principal punto de llegada de turistas, y la Puerta de Bisagra, comienzo del centro propiamente histórico.

El tranvía es este medio alternativo. Es un transporte que está actualmente en auge en muchas ciudades tanto europeas como del resto del mundo, siendo las referencias más conocidas los clásicos tranvías de Lisboa, Berlín, Buenos Aires o San Francisco. Un ejemplo actual es el nuevo tranvía de Sevilla, que recorre el centro histórico y lo comunica con distintas zonas de la ciudad, facilitando el desplazamiento a turistas y sevillanos y reduciendo a su vez la contaminación que producen los autobuses urbanos.

Es un medio de transporte que ofrece numerosas ventajas. Se caracteriza por su comodidad, ya que circula a nivel de calle y no hay por tanto escaleras o andenes que salvar; por su rapidez y puntualidad, no está afectado por el tráfico rodado, pues dispone de un

espacio reservado sólo para su circulación; tiene una alta capacidad de transporte de pasajeros por unidad de tiempo y es poco contaminante y silencioso, como ya se ha comentado anteriormente.

Técnicamente, los tranvías actuales están optimizados para insertarse en los cascos urbanos, gracias a los mecanismos que permiten radios de giro de 10.5 m., a la posibilidad de afrontar pendientes considerables (13%) y a la reversibilidad, es decir, doble cabina de conducción.

Hay que señalar también que, frente a otras alternativas para realizar trayectos cortos como puede ser el taxi, el tranvía ofrece precios económicos accesibles a la gran mayoría de personas y contribuye a descongestionar el tráfico de las ciudades.

➤ 2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El objetivo a alcanzar en este proyecto es la realización de un levantamiento topográfico de la zona de actuación, que conlleva un posterior modelo digital del terreno, para realizar la proyección de una vía de tranvía en la localidad de Toledo. El levantamiento se ha realizado combinando técnicas clásicas de la Topografía, como son la poligonal, la radiación y la nivelación geométrica, con técnicas actuales como el sistema global de navegación por satélite o GNSS. Se ha tenido en cuenta las precisiones que aporta cada método y la influencia de éstas en la determinación posterior de las coordenadas de los puntos que forman la cartografía del terreno.

Una vez obtenida la cartografía base de la zona, se procedió al cálculo del trazado de la vía, siempre acorde con la normativa reglamentaria correspondiente. La vía a proyectar une la estación de trenes de alta velocidad con la Puerta de Bisagra, situada en la muralla que da acceso al casco antiguo. El recorrido total entre ambos puntos es de unos 1260 m.

En la parte de la memoria dedicada a los anexos, se adjunta un reportaje fotográfico de este recorrido. Se corresponde con el Anexo 1.

➤ 2.3 LOCALIZACIÓN

La zona de ocupación de la obra está comprendida en la provincia de Toledo, de la Comunidad Autónoma de Castilla La Mancha, y en el municipio del mismo nombre. Observamos su situación geográfica a través de las siguientes imágenes:

○ *Situación geográfica a nivel nacional*



○ *Situación geográfica a nivel provincial*



- *Situación geográfica local del comienzo y fin del recorrido*

$A \rightarrow$ Inicio del recorrido. Estación de trenes de Toledo

$B \rightarrow$ Fin del recorrido. Puerta Bisagra



3. REDES

➤ 3.1 ENLACE CON LA RED GEODÉSICA

▪ 3.1.1 *Introducción*

En todo proyecto de topografía de obras, para su ejecución y posterior documentación, es necesario establecer un enlace con estaciones permanentes en la zona de las que conozcamos sus coordenadas. Este enlace es lo que hace posible posteriormente poder hallar las coordenadas de los puntos que conforman nuestra obra, referidas éstas a un sistema de coordenadas oficial.

Las estaciones de referencia que nos han proporcionado en el cálculo éstas coordenadas son: Illescas y Azarquiel (Red IBEREF), Sonseca (Red de Orden Inferior; vértice del IGN), Aranjuez y San Martín de Valdeiglesias (Red de Orden Inferior; estaciones base permanentes de la red de la Comunidad de Madrid).

El primer paso a realizar ha sido la implantación de una serie de puntos de apoyo en el terreno, a lo largo del recorrido que abarca nuestra obra. Estos puntos han materializado la red secundaria, que se observó mediante técnicas G.P.S. para establecer después en gabinete el enlace que antes mencionábamos.

▪ 3.1.2 *Materialización de la red secundaria*

Cuando se quieren materializar en el terreno los vértices que van a pasar a formar parte de una red topográfica, se tienen que tener en cuenta una serie de factores que son imprescindibles para garantizar luego una homogeneidad de datos al realizar el cálculo de dicha red.

Los factores principales a tener en cuenta serían:

- Los lados que unen todos los vértices de la red entre sí deben formar triángulos lo más regulares posibles, siendo las distancias de estos lados similares en todos los triángulos.
- Se debe procurar que desde los vértices se observen la mayor cantidad posible de otros vértices, ya que así dispondremos de redundancia de datos en los cálculos y por tanto de comprobación de resultados. Todo ello conlleva obtener una mayor precisión.

- Para disponer de una buena calidad de observación mediante técnicas G.P.S., es importante disponer los vértices en horizontes lo más despejados posible.

Una vez que se han analizado las circunstancias en las que son convenientes situar los vértices, podemos proceder a su materialización en el terreno. En nuestro caso, se añade la dificultad de tener que situarlos en zona urbana, lo que lleva a tener en especial consideración la visibilidad entre vértices. Las fachadas de los edificios, el mobiliario urbano y la circulación de los vehículos pueden entorpecer en gran medida la realización de visuales entre puntos.

Así, la red secundaria o de apoyo que hemos diseñado y materializado para nuestro proyecto se compone de los siguientes vértices:

- 3001-3015 → Puntos que actúan como las bases de la red. Dispuestos de forma sucesiva a lo largo del tramo de recorrido que seguiría la línea de tranvía y a ambos lados de ésta, para que a la hora de realizar la poligonal engloben la zona.
Materializados con clavos de acero. Diámetro de la cabeza ≈ 8 mm.
- 6001-6003 → Puntos que actúan como vértices de coordenadas conocidas para obtener desorientaciones en la estación. Situados al comienzo y fin de la zona que engloba la red, lo más alejados posible de la primera y última base para minimizar errores de puntería. Es indispensable conocer sus coordenadas locales por técnicas G.P.S.
Materializados mediante clavos “geopunto”.

El Anexo 2 de la memoria contiene el conjunto de reseñas de todos los vértices que componen la red.

La disposición de las bases a lo largo del recorrido, obtenida superponiendo una imagen aérea con las coordenadas geodésicas que se hallan en postproceso en gabinete y que más adelante se explica, sería la siguiente:



▪ 3.1.3 Material y método utilizados

La utilización en topografía de un método mediante técnicas G.P.S. permite la determinación absoluta de la posición de un punto con una precisión uniforme.

Para proceder a la observación de los puntos que forman la red secundaria o de apoyo se utilizó una pareja de receptores HiPer® Pro de la marca Topcon. Uno de los receptores actúa como base o transmisor de la señal al otro, que es el llamado “Rover”.

Las características principales que proporcionan éstos aparatos son:

- Receptores bifrecuencia que miden la diferencia de fase entre las dos ondas portadoras con las que trabajan, L1 y L2.
- Antena GPS/GLONASS. Portadoras L1/L2 y L2C. Códigos modulados C/A y P.
- Receptor y antena integrados.
- Tecnología inalámbrica Bluetooth que permite trabajar sin cables.
- Precisiones en trabajo estático y estático rápido de 3 mm + 0,5 ppm en horizontal y 5 mm + 0,5 ppm en vertical.

Precisiones en tiempo real o RTK de 10 mm + 1 ppm en horizontal y 15 mm + 1 ppm en vertical.



El método de observación que se ha utilizado para obtener coordenadas de los puntos de la red es el estático rápido. Es un método que sustituye al clásico de poligonación cuando las distancias entre la referencia y el móvil no son superiores a 20 km. Se utiliza para determinación de puntos de control o bases de replanteo y para densificación.

Este método consiste en estacionar una base de referencia temporal, que observará y almacenará datos de forma continua de todos los satélites que entran en órbita. En nuestro caso, ante la dificultad de estacionar en un vértice de coordenadas conocidas de una red superior, optamos por hacerlo en uno de los clavos de nuestra red. Las coordenadas absolutas de este punto se podrán obtener en postproceso mediante las correspondientes de navegación.

El receptor o receptores móviles, se han ido estacionando sucesivamente en los puntos que queremos levantar. El tiempo de observación en cada punto depende del número de satélites, de la geometría de éstos (GDOP) y de la distancia a la referencia. Normalmente, se establece un intervalo de tiempo entre 5 y 10 minutos para distancias inferiores a 5 km. En nuestro proyecto, la distancia máxima entre la referencia y el móvil no supera el kilómetro, por lo que hemos elegido unos tiempos de observación de 10 minutos en cada punto, aunque contando con el solape entre bases, se ha estado observando unos 20 minutos por punto.

Además, debido a que nuestra observación se realiza en zona urbana, hemos optado por definir los siguientes parámetros de observación:

- Máscara de elevación de 10 °.
- Épocas o intervalo de registro de datos de 5 segundos.

▪ 3.1.4 Observación de la red secundaria

Toda observación que se vaya a realizar con G.P.S requiere de una planificación previa, ya que como se ha mencionado antes se deben tener en cuenta los tiempos de observación en función de la línea base y el método elegido, así como el tipo de levantamiento que se vaya a realizar.

Los puntos de control elegidos en nuestro caso fueron aquellos más cercanos a la zona de ocupación de la obra, algunos situados en el término municipal de Toledo y otros en la Comunidad de Madrid. Se han mencionado anteriormente, pero a continuación los designamos tal como aparecen en su nomenclatura oficial:

- Illescas → ILLE
- Azarquiel → AZAR
- Sonseca → SONS
- Aranjuez → ARAN
- San Martín de Valdeiglesias → SANM

Estos puntos de control o referencias nos han servido para, en el cálculo, disponer de registros de observación realizados en el mismo instante de la toma de datos en campo. En gabinete, descargando sus coordenadas absolutas en la página oficial pudimos obtener la posición, también absoluta, de los puntos de nuestra red.

La referencia temporal que elegimos se situó en la base numerada como 3003. Elegimos este emplazamiento por ser una de las bases con el horizonte más despejado y estar situada en un lugar estable y no demasiado transitado, ya que los siguientes clavos se encuentran en la acera del puente que cruza el río Tajo o en un tramo de calle en el que la disponibilidad de satélites podía ser peor.

En cuanto a los receptores móviles, trabajamos con dos, alternándolos sucesivamente según un itinerario de poligonal. Teniendo en cuenta que los tiempos de observación en cada vértice tenían que ser de 10 minutos, ha habido que planificar un solape, para que siempre hubiera un intervalo de tiempo en que los dos captaban la señal procedente de la referencia.

A continuación, se presenta un estadillo de observación en el que se muestran los parámetros que son necesarios tener en cuenta para el posterior cálculo de la red.

3.1.6 Estadillo de observación

Observaciones							
Nombre	Tipo señal	Altura antena	Referencia/Móvil	Día	Comienzo	Final	Total tiempo
6001	Geopunto	1,695	R	15/03/2012	15:53:10	16:44:40	51'
6002	Geopunto	1,545	M	15/03/2012	16:20:40	16:42:00	22'
B3001	Clavo acero	1,581	M	12/11/2011	11:04:00	11:25:50	21'
B3002	Clavo acero	1,525	M	12/11/2011	11:16:00	11:47:50	31'
B3003	Clavo acero	1,618	R	12/11/2011	10:25:20	16:43:50	6h 18'
B3004	Clavo acero	1,494	M	12/11/2011	11:37:50	12:16:20	44'
B3005	Clavo acero	1,452	M	12/11/2011	12:04:40	12:42:20	38'
B3006	Clavo acero	1,545	M	12/11/2011	12:31:30	13:08:20	37'
B3007	Clavo acero	1,450	M	12/11/2011	14:02:10	14:22:20	20'
B3008	Clavo acero	1,554	M	12/11/2011	14:12:20	14:39:30	31'
B3009	Clavo acero	1,407	M	12/11/2011	14:29:40	14:59:30	30'
B3010	Clavo acero	1,496	M	12/11/2011	14:49:40	15:15:50	26'
B3011	Clavo acero	1,419	M	12/11/2011	15:06:00	15:35:50	29'
B3012	Clavo acero	1,607	M	12/11/2011	15:26:00	15:52:50	36'
B3013	Clavo acero	1,444	M	12/11/2011	15:42:50	16:11:40	29'
B3014	Clavo acero	1,557	M	12/11/2011	16:01:20	16:11:20	10'
B3015	Clavo acero	1,674	R	15/03/2012	14:25:35	15:23:20	58'
6003	Geopunto	1,580	M	15/03/2012	14:50:20	15:21:05	31'

➤ 3.2 CÁLCULO DE LA RED SECUNDARIA

El cálculo de la red secundaria consistió en obtener las coordenadas de las bases que forman dicha red en el sistema de referencia oficial, que en nuestro caso es el sistema ETRS-89 con la Proyección Transversa de Mercator asociada (UTM). El correspondiente elipsoide será el GRS-80, que se considera a efectos de cálculo igual al WGS-84.

Al calcular con LeicaGeoffice fue necesario determinar todos estos datos, pues tuvimos que realizar la transformación del sistema WGS-84 (al que están referidas las coordenadas absolutas que se obtienen de G.P.S. y que por tanto es un sistema global) al sistema local, que como mencionábamos antes, será el ETRS-89.

3.2.1 Obtención de coordenadas

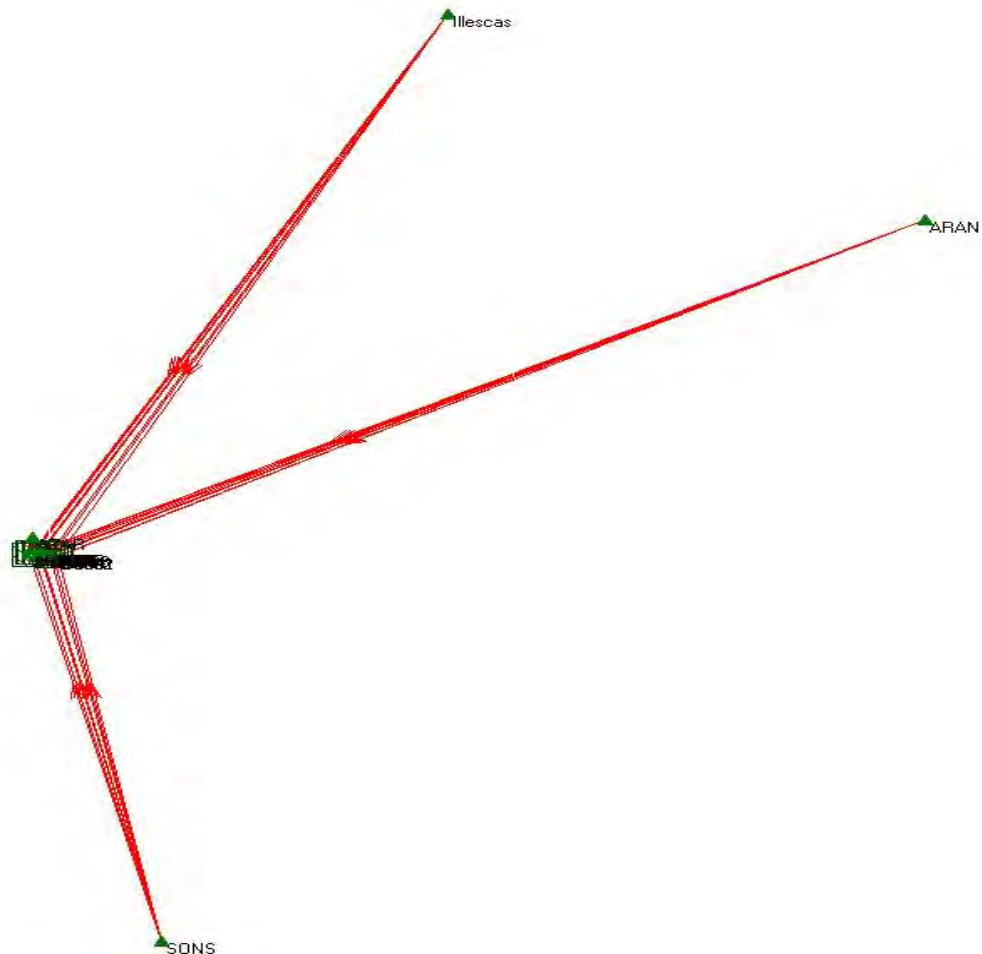
En primer lugar, antes de poder trabajar con el programa específico que se eligió, procedimos con el volcado de datos desde los receptores al ordenador y con la descarga de los datos crudos correspondientes a las antenas de las estaciones de control en los tiempos de observación de la toma de datos en campo.

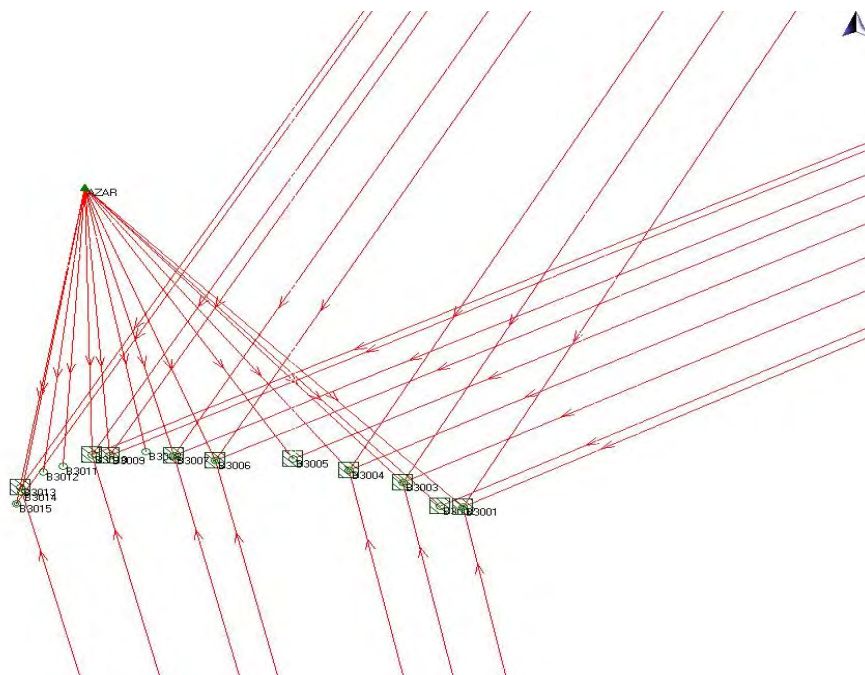
Los datos de las observaciones descargados al ordenador los transformamos en archivos “rinex” mediante el programa TopCon Tools. Los correspondientes

archivos “rinex” de las antenas de las bases de control que quisimos que interviniesen en el cálculo los descargamos de las páginas oficiales a las que correspondía cada una. También tuvimos que descargarnos los archivos en los que constan las características de dichas antenas, como por ejemplo el “offset”, indispensable para calcular correctamente la altura de la antena del receptor en cada punto.

Una vez que conseguimos todos los datos correspondientes a los terminales y a las antenas, procedimos a introducirlos en el programa y calcular la red, con las correspondientes coordenadas ajustadas de los vértices que la forman. Los datos obtenidos que reflejan estas coordenadas ajustadas se muestran en el Anexo 3 de la última parte de la memoria.

En nuestro caso, el programa que utilizamos para realizar los cálculos de las coordenadas fue el LeicaGeoffice.





■ 3.2.2 Estudio de precisiones

Tras el ajuste obtenemos el siguiente listado de coordenadas, con sus correspondientes precisiones:

Nombre	Estado	Fecha / Hora	E	N	Precisión
SANM	Control	11/12/2011 9:59	383135,128	4468433,1845	0.0000
ARAN	Control	11/12/2011 10:59	447734,386	4430743,6219	0.0000
AZAR	Control	11/12/2011 10:59	412491,789	4413985,5313	0.0000
ILLE	Control	11/12/2011 10:59	429094,728	4441977,9189	0.0000
SONS	Control	03/14/2012 14:59:46	417326,769	4392169,4071	0.0000
B3001	Ajustado	03/28/2012 18:19:20	413443,809	4412946,5357	0.0440
B3002	Ajustado	03/28/2012 18:19:20	413384,436	4412948,9874	0.0543
B3003	Ajustado	03/28/2012 18:19:20	413292,140	4413026,6382	0.0073
B3004	Ajustado	03/28/2012 18:19:20	413154,116	4413067,6328	0.0175
B3005	Ajustado	03/28/2012 18:19:20	413012,655	4413105,4266	0.0200
B3006	Ajustado	03/28/2012 18:19:20	412816,386	4413102,2960	0.0231
B3007	Ajustado	03/28/2012 18:19:20	412711,799	4413118,1511	0.0253
B3008	Ajustado	03/28/2012 18:19:20	412640,851	4413130,5947	0.0818
B3009	Ajustado	03/28/2012 18:19:20	412547,270	4413118,8222	0.0331
B3010	Ajustado	03/28/2012 18:19:20	412503,574	4413122,2460	0.0325
B3011	Ajustado	03/28/2012 18:19:20	412427,838	4413086,5706	0.0622
B3012	Ajustado	03/28/2012 18:19:20	412377,262	4413068,9613	0.0337
B3013	Ajustado	03/28/2012 18:19:20	412318,931	4413019,2648	0.1497
B3014	Ajustado	03/28/2012 18:19:20	412321,446	4413001,7250	0.0739
B3015	Ajustado	03/28/2012 17:51:21	412310,815	4412964,198	0,0236
B6001	Ajustado	03/28/2012 17:51:21	413668,502	4412966,068	0,0201
B6002	Ajustado	03/28/2012 17:51:21	413671,025	4412945,292	0,0266
B6003	Ajustado	03/28/2012 17:51:07	412279,303	4412979,646	0,0722

➤ 3.3 CONCLUSIONES

Como se puede observar en la tabla, las precisiones de los puntos de control son cero, ya que se toman como puntos fijos. Las precisiones del resto de bases tomadas oscilan cerca de los 5 centímetros, excepto la base “B3013”, que tiene 14 centímetros. Esto se debe a que se encontraba rodeada de muros y recibía menos señales de satélites que el resto de bases.

Las coordenadas de esta base se obtuvieron a través del cálculo de la poligonal, puesto que la precisión obtenida con el ajuste no era tolerable.

Respecto al resto de bases, las precisiones obtenidas son buenas. Nuestra tolerancia total para el levantamiento son 10 centímetros, puesto que la escala a la que trabajamos es 1/500:

$$500 * 0.2 = 100 \text{ mm.} = 10 \text{ cm.}$$

Teniendo en cuenta los errores de estacionamiento, de prisma, de dirección y demás errores aleatorios que se producen al trabajar con una estación total 1202+ y mini-prisma, y cuidando que las distancias no superen los 80 o 90 metros no se sobrepasa dicha tolerancia. Las desviaciones estándar en X y en Y de un punto radiado son entre 1 y 1.5 centímetros.

Aunque a esos 1,5 centímetros hay que sumarles la desviación de la propia base, se observa que seguiría entrando en tolerancia.

4. LEVANTAMIENTO

En el capítulo anterior se ha descrito todo el procedimiento que ha sido necesario seguir para establecer en el terreno la red de bases principal que nos permitirá llevar a cabo el levantamiento de la zona de ocupación de nuestro proyecto.

El objetivo de realizar el levantamiento es obtener las coordenadas planimétricas y altimétricas de los puntos que definan el terreno en cuestión, teniendo en cuenta que es indispensable tomar aquellos que definan elementos característicos del mismo, como líneas de borde de talud, vaguadas, divisorias, etc. Con las coordenadas obtenidas de todos los puntos que tomemos se procederá a elaborar el modelo digital de terreno, indispensable para posteriormente realizar el encaje del trazado de la obra lineal, la vía de tranvía.

La extensión de la zona de la que se ha realizado el levantamiento comprende una franja de aproximadamente 1260 m. de largo y 25 m. de ancho. Al ser una zona urbana, la extensión a levantar está condicionada por la anchura de las calles por donde se implantó la vía y los elementos de la misma.

Debido a que en un levantamiento urbano muchos puntos no pueden tomarse con G.P.S. por las interferencias en la señal, ha habido que realizar el proceso en dos pasos: el primero haciendo la ocupación de puntos con el método cinemático en tiempo real o RTK y el segundo con el método clásico de radiación con estación.

➤ 4.1 LEVANTAMIENTO EN RTK

▪ 4.1.1 *Material utilizado*

Para realizar el levantamiento de ciertos puntos en método cinemático se ha utilizado la misma pareja de receptores Topcon descritos anteriormente. Uno de ellos, el receptor base, se estacionó en el clavo de nuestra red principal al que queramos referir las coordenadas de los puntos de la zona que le rodea. El otro receptor, el móvil, es el que se fue situando en cada punto que consideramos necesario levantar.

▪ 4.1.2 Método utilizado

El método con el que trabajamos fue el cinemático en tiempo real. Ya se comentó anteriormente que la toma de puntos con RTK nos proporcionaba unas precisiones en las coordenadas absolutas finales de:

→ 10 mm + 1 ppm en horizontal y 15 mm + 1 ppm en vertical

Para la captura de puntos, hubo que tener en cuenta la escala del plano final que representó nuestro levantamiento, ya que nos condicionó en la cantidad de puntos a tomar. En nuestro caso, obtenemos un plano a escala 1/500, por lo que en primer lugar tendremos en cuenta que:

- El límite de percepción visual multiplicado por el denominador de la escala nos proporciona la mínima distancia representable en el plano.

$$0.2 \text{ mm} \times 500 = 100 \text{ mm} = 10 \text{ cm}$$

Así, todos aquellos elementos cuyo tamaño sea menor a 10 cm. no son representables, y por lo tanto no se toman en campo.

- Se establece que aquellos elementos cuyo tamaño sea inferior a 50 cm. se representan en el plano por un símbolo. Esto limita en gran medida la cantidad de puntos a ocupar. Por ejemplo, un registro de luz cuyo lado sea inferior a dicho tamaño se ocupará sólo por un punto tomado en su centro.

De esta forma, la zona a levantar quedó perfectamente representada teniendo en cuenta lo anterior y sabiendo que los puntos a tomar son:

- Puntos de relleno → Aquellos que representan cómo está modelado el terreno. En zonas donde la pendiente sea mayor o cambie de forma brusca se tomarán más puntos que en las zonas en las que la pendiente sea menor o constante.
- Puntos que definen líneas de ruptura → Aquellos puntos que definen cambios bruscos en la pendiente. Se pueden dar estos cambios en bordes de talud, cunetas, vaguadas o divisorias.

- Puntos que definen líneas estructurales → Son los puntos que determinan líneas de fachada, aceras, medianas, recintos vallados, etc.
- Puntos singulares → Aquellos puntos que definan los elementos particulares que necesiten representación en el plano, como árboles, registros, farolas, alcantarillas, etc.

➤ 4.2 LEVANTAMIENTO CON ESTACIÓN

▪ 4.2.1 Material utilizado

El levantamiento con estación se ha complementado con el cinemático para capturar los puntos que con éste último no se podían, por interferencias de la señal con los elementos urbanos.

La estación total que hemos utilizado ha sido el modelo de Leica TPS 1202+, junto con el prisma circular 360° y el mini-prisma de la misma marca, cuyas constantes de reflexión son 0 mm y 17.5 mm., respectivamente.

Las características de la estación las resumimos a continuación:

- Aumentos → 30x
- Precisión angular (Hz, V) → 2'' (0.6 mgon)
- Compensador → $\left\{ \begin{array}{l} \text{Rango de trabajo} \rightarrow 4' (0.07 \text{ gon}) \\ \text{Precisión de calado} \rightarrow 0.5'' (0.2 \text{ mgon}) \end{array} \right.$
- Precisión en distancias → 1 mm + 1.5 ppm

▪ 4.2.2 Método utilizado

Para realizar el levantamiento con estación, el método que se sigue es el de radiar puntos desde una base de nuestra red. El aparato se fue estacionando en las bases desde las que mejor visibilidad teníamos para tomar los puntos de la zona que la rodean.

Posteriormente, en el cálculo, como disponemos de las coordenadas de cada base de nuestra red calculadas al principio, pudimos obtener en gabinete las coordenadas de cada punto radiado.

El criterio que se debe seguir para realizar un levantamiento urbano con estación es exactamente igual que el comentado en el apartado de levantamiento con RTK. Los puntos que se deben tomar son los mismos, pero teniendo en cuenta que al tener que situar el prisma en el punto debemos disponer de visibilidad con la estación.

➤ 4.3 CÁLCULO DEL LEVANTAMIENTO

▪ 4.3.1 *Cálculo de coordenadas RTK*

En este caso no ha sido necesario ningún cálculo para obtener coordenadas RTK de los puntos.

El GPS nos proporciona coordenadas de navegación de cada punto tomado en la proyección UTM y referenciadas al elipsoide GRS-80. Utilizando las coordenadas ajustadas que ya teníamos de las bases pudimos hacer una transformación bidimensional (planimétrica) de las coordenadas.

Respecto a la cota de los puntos, el GPS proporciona altitudes elipsoidales. Como se hizo una nivelación geométrica (que se detalla en el capítulo siguiente), pudimos obtener la ondulación del geoide. Aplicamos esta ondulación a todas las cotas y obtuvimos finalmente las coordenadas absolutas de todos los puntos levantados en RTK.

▪ 4.3.2 *Cálculo de coordenadas radiadas*

Como ya se ha mencionado anteriormente, llamamos coordenadas radiadas a aquellas que pertenecen a puntos levantados con estación total.

Para obtener estas coordenadas, debemos proceder en gabinete a calcular por el método clásico de poligonal las coordenadas de las bases de nuestra red principal o de apoyo, para luego a partir de éstas obtener las de los puntos radiados desde cada base.

Además, debido a la existencia de puntos a los que no se podían realizar visuales (por quedar ocultos), fue necesario materializar puntos de paso.

A algunos de ellos se les dieron coordenadas a través del método “inversa clásica” (utilizando bases como puntos de coordenadas conocidas para realizar la trisección). Estos puntos de paso tendrán como desviación estándar la suma cuadrática de las desviaciones estándar de las bases a las que se visó para obtener sus coordenadas.

A otros puntos de paso se les otorgaron coordenadas radiándolos desde otra base, puesto que no eran visibles desde ninguna otra.

Respecto a las precisiones de éstos, se comentó en el capítulo anterior qué precisión se obtenía en un punto levantado contando con el error intrínseco de la base y sumando los errores aleatorios y sistemáticos del equipo.

La desviación estándar de un punto de paso es entonces la composición cuadrática del error intrínseco de la base desde la cual se radió, más esos errores aleatorios y sistemáticos, es decir, la misma precisión que un punto levantado desde una base principal de la red secundaria (aproximadamente 7 centímetros).

Por tanto, los puntos levantados desde dichos puntos de paso tendrán como desviación estándar la composición cuadrática de los 7 centímetros obtenidos hasta el momento más los errores aleatorios y sistemáticos producidos al levantar dichos puntos. Realizando los cálculos obtenemos precisiones en torno a 8 centímetros.

➤ 4.4 LISTADOS DE COORDENADAS CALCULADAS

▪ 4.4.1 Poligonal

Una vez realizado en gabinete el cálculo de la poligonal mediante una hoja de cálculo programada con las fórmulas adecuadas obtenemos el siguiente listado de coordenadas de las bases de la red de apoyo:

Coordenadas de las bases			
Punto	E	N	H
3001	413443,809	4412946,536	459,080
3002	413384,436	4412948,987	459,215
3003	413292,140	4413026,638	457,977
3004	413154,116	4413067,633	458,350
3005	413012,655	4413105,427	459,127
3006	412816,386	4413102,296	458,890
3007	412711,799	4413118,151	458,837
3008	412640,851	4413130,595	460,186
3009	412547,270	4413118,822	464,153
3010	412503,574	4413122,246	468,315
3011	412427,838	4413086,571	479,789
3012	412377,262	4413068,961	487,806
3013	412318,931	4413019,265	487,977
3014	412321,446	4413001,725	488,135
3015	412310,815	4412964,177	487,828

A partir de las coordenadas anteriores se han calculado las de los puntos radiados en el levantamiento. Las coordenadas que obtengamos serán las absolutas de cada punto levantado.

▪ 4.4.2 *TopCal*

A través del software informático TopCal se procedió a obtener las coordenadas de las bases mediante el cálculo de una poligonal y las coordenadas de los puntos radiados mediante el cálculo con el método de radiación.

Obtener las coordenadas de las bases mediante TopCal es una forma de comprobar los resultados que ya habíamos obtenido mediante una hoja de cálculo programada en Excel.

El listado de resultados obtenidos para las coordenadas de las bases se adjunta en el Anexo 4 de la memoria. El listado referente a la radiación no se adjunta, debido a que no es relevante, a la gran cantidad de puntos que contiene y al espacio que ocupa. Además, una vez que disponemos del listado en un formato compatible con el software que vayamos a utilizar para realizar el modelo digital (Tool Curvado), ya lo importaremos directamente al programa en el formato correcto (*ASCII) y comprobaremos que las zonas radiadas desde cada base enlazan perfectamente entre sí.

5. NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

La nivelación geométrica es el procedimiento que nos proporciona en campo desniveles entre un punto de referencia de cota conocida y puntos clave de nuestra obra. A partir de estos desniveles obtenemos altitudes ortométricas del resto de puntos.

Las altitudes ortométricas son las referidas al nivel medio del mar prolongado por debajo de los continentes o Geoide. En Topografía, el cálculo de la planimetría y de la altimetría se suelen separar, pues mientras que en la planimetría asociamos superficies matemáticas como son los elipsoides de revolución y las proyecciones, en la altimetría trabajamos con superficies físicas como el Geoide.

Además, hoy en día, al trabajar con ayuda de la geodesia espacial, en cuanto a altimetría se refiere, obtenemos altitudes elipsoidales, que se diferencian de las ortométricas en lo que llamamos ondulación del Geoide.

En nuestro caso, hemos realizado una nivelación geométrica mediante itinerarios de nivelación o anillos, y hemos obtenido errores de entre 3 y 4 mm. en cada uno. Es el método más exacto para obtener las cotas de los puntos de nuestra red.

➤ 5.1 MATERIAL Y MÉTODO UTILIZADOS

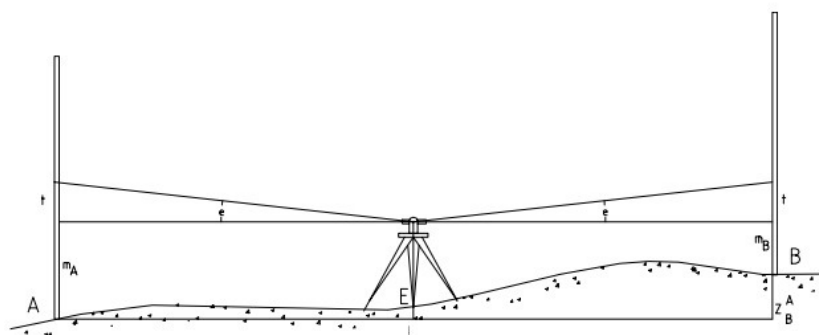
En la nivelación geométrica el instrumento que se utiliza es el equialtímetro o nivel. Este aparato se caracteriza por realizar visuales horizontales a una mira colocada en los puntos entre los que queremos calcular el desnivel.

El nivel que hemos utilizado es el LeicaSprinter 100M, que es digital, por lo que no tenemos que realizar lecturas a la mira mediante los tres hilos del método clásico. Las principales características técnicas de este aparato son:

- Aumentos → 24x
- Compensador automático → 0.8''
- Desviación típica {
 - Alturas → 2 mm por 1 km de nivelación doble
 - Distancias → 10 mm en $D < 10$ m y $D \times 0.001$ en $D > 10$ m

El método utilizado es el que llamamos “método del punto medio”. Se caracteriza por estacionar el aparato entre los dos puntos o clavos de los que queremos obtener el desnivel y a la misma distancia de ambos. Desde este punto medio, se realizan lecturas de frente y de espalda a los dos puntos respectivamente. El desnivel entre ellos será la diferencia entre la lectura de espalda y la lectura de frente.

Este método ofrece la ventaja de que el error sistemático que pudiera existir como consecuencia de que el aparato no realizara visuales exactamente horizontales se elimina, ya que al cumplirse la equidistancia entre ambos puntos la influencia de dicho error es la misma y por tanto se elimina al resolverse la ecuación del desnivel.



Como se ha comentado antes, la nivelación se ha realizado mediante líneas de nivelación doble o compuesta. El tramo a nivelar es el que abarca todo el recorrido de lo que sería la línea de tranvía, cuya distancia son unos 1260 m. Este tramo lo hemos dividido en cinco anillos dobles, de esta forma podemos ir conociendo la calidad de la nivelación tramo por tramo y posteriormente realizar también la compensación por cada anillo.

Cada anillo se ha configurado con los vértices de la red de apoyo, ya que el objetivo de la nivelación es tanto conocer el desnivel total del tramo como las cotas ortométricas de cada base. Como la distancia entre dichas bases no es muy grande, en cada anillo existen varios puntos de paso, en unos casos los propios vértices de la red y en otros casos puntos de paso señalizados en el terreno con el zócalo.

Para comenzar a realizar la nivelación es necesario partir de un clavo del que conozcamos su cota, para así con los desniveles que vayamos obteniendo en campo ir calculando las cotas de cada vértice mediante el arrastre.

Los datos de la reseña del clavo de cota conocida del que hemos partido son los siguientes:

- Número: 312061
- Nombre: SSPB
- Línea o Ramal: 312. Maqueda - Sonseca
- Altitud ortométrica: 487.6038 m.

Como sólo conocíamos la cota ortométrica del clavo de partida, el itinerario a realizar tenía que ser cerrado. Se ha partido de dicho clavo y mediante el cierre de los sucesivos anillos se ha ido comprobando en campo que el cierre de cada uno no ha superado en ningún caso los 4 mm.

El error de cierre total una vez hallado el de cada anillo ha entrado en tolerancia, como se muestra a continuación en el estudio de cierres y tolerancias que se ha realizado.

➤ 5.2 CÁLCULO Y ESTUDIO DE RESULTADOS

La nivelación la calculamos a partir de las lecturas de frente y espalda que vamos obteniendo del nivel en campo. Con estas lecturas podemos hallar el desnivel entre los dos puntos y calcular la cota de los vértices.

La diferencia entre los desniveles que obtenemos en la ida y en la vuelta de cada anillo tendrá que ser siempre menor que la tolerancia que obtengamos en los cálculos, para así dar por buena la nivelación. A esta diferencia es lo que llamamos error de cierre, y se produce por la acumulación de errores accidentales al realizar cada nivelada. La suma de todos los errores de cierre de los anillos es el error de cierre total.

Si el error de cierre es menor que la tolerancia, podremos dar por bueno el desnivel y proceder a su compensación. Como en nuestro caso las distancias de nivelada no han sido todas iguales u homogéneas, la compensación la hemos realizado en función del número de tramos en cada nivelada.

A continuación resumimos el proceso seguido para obtener todos los cálculos de la nivelación y la compensación realizada. Los resultados que obtengamos serán magnitudes lineales.

- Las cotas de los vértices las obtenemos:

Cota de partida = 487. 6038 m.

Desnivel entre ambos vértices = $L_E - L_F$

Cota del siguiente vértice = 487. 6038 + Desnivel

- La tolerancia es:

$$\text{Tol} = e_K \sqrt{2} \sqrt{K} \quad \text{donde} \quad \begin{cases} e_K = \text{error kilométrico} \\ K = \text{distancia de nivelada en kilómetros} \end{cases}$$

La tolerancia total de todo el tramo se calcula igual pero con la distancia total del recorrido en vez de la distancia de nivelada de cada anillo.

- El error kilométrico lo obtenemos de la siguiente manera:

$$e_K = e_n \sqrt{\frac{1000}{D}} \quad \text{donde} \quad \begin{cases} e_n = \text{error lineal en la nivelada} \\ D = \text{distancia media de nivelada} \end{cases}$$

- A su vez, la magnitud del error de nivelada es:

$$e_n = \sqrt{e_v^2 + e_p^2} \quad \text{donde} \quad \begin{cases} e_v = \text{error de verticalidad} \\ e_p = \text{error de puntería a la mira} \end{cases}$$

e_v = compensador automático

$$e_p = \frac{150^{cc}}{A} \left(1 + \frac{4A}{100}\right) \quad \text{donde} \rightarrow A = \text{aumentos del nivel}$$

El error de nivelada, por intervenir para su cálculo magnitudes angulares, es también un valor angular. Por ello, lo transformaremos en lineal mediante la fórmula:

$$e_{nmm} = \frac{e_n}{r} D \quad \text{donde} \quad \begin{cases} r = \text{factor de conversión a radianes} = 636620 \\ D = \text{distancia media de nivelada} \end{cases}$$

Una vez calculados los valores que nos proporcionan la validez y precisión de la nivelación, debemos proceder a compensar las cotas obtenidas. Esta compensación, como se ha dicho antes, la hemos realizado en función del número de tramos en cada nivelada o del número de puntos de paso.

La fórmula correspondiente es la siguiente:

$$C = -\frac{E}{N} \text{ donde } \begin{cases} E = \text{error de cierre total de la nivelada} \\ N = \text{número de puntos de paso en la nivelada} \end{cases}$$

Mediante estas fórmulas hemos obtenido en gabinete los siguientes valores totales para todo el tramo de nivelación:

Itinerario de nivelación	
ΔH ida	-28,527 m
ΔH vuelta	28,530 m
E_{Total}	-0,003 m
D_{Total}	1265,090 m
e_n mm	24,4 mm
e_K mm	21,7 mm
Tol	34,5 mm

Comprobamos que la nivelación es tolerable, por ser menor el error de cierre a la tolerancia obtenida en función de las características de la nivelación y del nivel.

6. MODELO DIGITAL DEL TERRENO

En el capítulo de “Levantamiento” se ha comentado que una vez realizado todo el proceso para obtener los puntos radiados, tanto en RTK como los obtenidos con estación, los incluíamos en un fichero formato ASCII para luego proceder a elaborar el modelo digital.

Una vez que tenemos por tanto este fichero con la nube de puntos radiados en campo, ya se puede empezar a crear el modelo. Para ello utilizamos el software Tool Curvado. Tendremos en cuenta que, al insertar la nube de puntos, la cartografía resultante reflejará, una vez editada, los siguientes elementos:

- Curvas de nivel.
- Líneas estructurales que definen la disposición de la urbe: aceras, calles, ejes de carreteras, medianas, isletas, etc.
- Elementos urbanos como registros, acometidas, árboles, bancos o señales de tráfico.
- Vallas, muros o fachadas.
- Puntos acotados, tales como las bases.

Es importante que la Cartografía Base ofrezca una precisión acorde con el proyecto que se va a realizar. Si el plano tiene una precisión menor de la que se requiere para el proyecto que se va a encajar, éste nunca llegará a tener la precisión requerida. Por esto, la escala tiene que ser la idónea para el trabajo.

➤ 6.1 IMPORTACIÓN DE LOS PUNTOS Y OBTENCIÓN DEL MODELO

En nuestro caso, al haber realizado el levantamiento mediante dos métodos diferentes, hubo que importar dos archivos de texto distintos, uno con los puntos obtenidos por RTK y otro con los procedentes de la estación total.

Para los puntos levantados con GPS, fue necesario realizar una transformación bidimensional, ya que el fichero importado reflejaba las coordenadas de navegación de los puntos, y lo que necesitamos son coordenadas absolutas en el terreno de cada uno de ellos. Para realizar dicha transformación, se necesitan las coordenadas ajustadas de puntos característicos (en nuestro caso las bases) y las coordenadas de navegación de esos mismos puntos, para así calcular el desplazamiento en X y en Y que sufre toda la malla.

Concretamente, utilizamos la base B3003 y B3007, puesto que sus coordenadas ajustadas eran las que tenían menos error.

Una vez que obtenemos una malla ajustada planimétricamente, hay que corregir las cotas. El fichero importado proveniente del levantamiento en RTK mostraba la cota elipsoidal de cada punto, ya que el GPS mide alturas referidas al elipsoide, no al geoide. Por otro lado, el fichero que incluía los puntos levantados con estación mostraba alturas ortométricas.

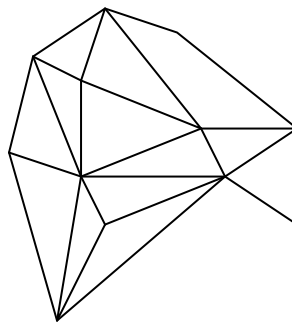
Así, mediante la ondulación del geoide obtenida al haber realizado la nivelación geométrica, pudimos referenciar todos los puntos a la misma superficie, el nivel del mar.

Cuando están editados correctamente los puntos provenientes de GPS, se pueden importar ambos ficheros.

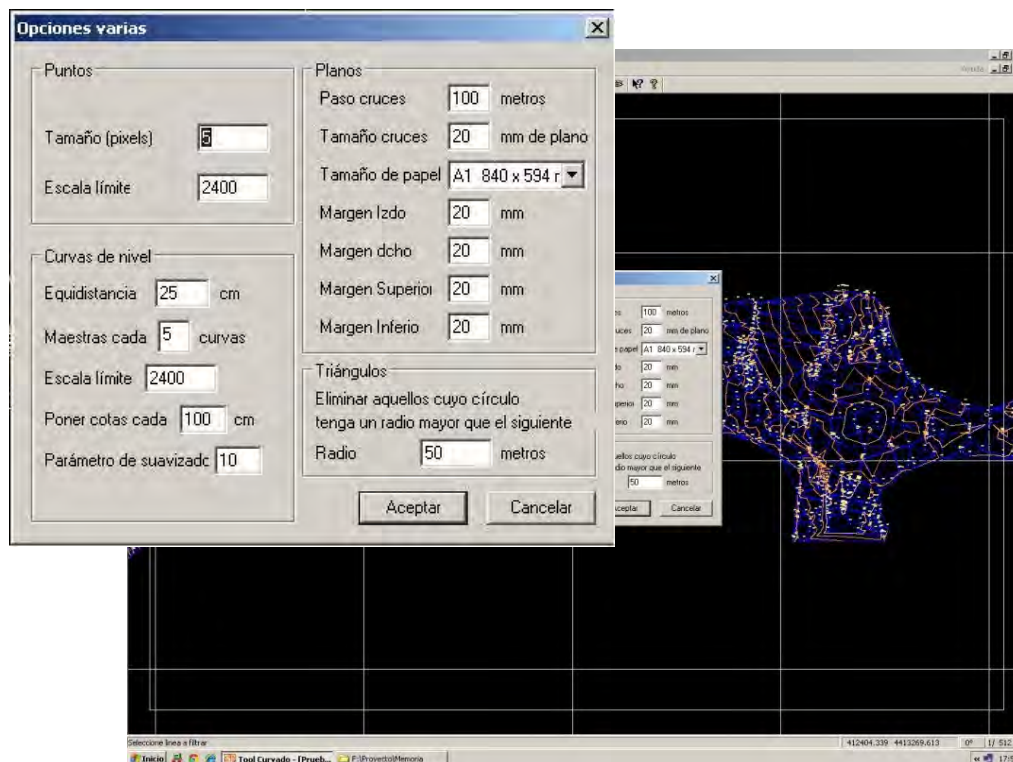
De toda la nube de puntos, se debe hacer una selección de cuales dejar, ya que no todos son válidos para realizar el curvado. Algunos elementos urbanos, tales como árboles, farolas o señales, son puntos que se miden desplazados, es decir, el bastón del GPS queda inclinado al tomar la posición, por lo que la cota tiene un error mayor.

También, al igual que eliminamos puntos, hay que insertar otros, como aquellos que no se pudieron medir con los aparatos. Así, al haber tomado las medidas en campo de forma manual, hemos podido completar en gabinete muros, fachadas y también marcar la altura de bordillos.

Una vez que la malla de puntos está completa, se procede primero a triangular y después a curvar. La triangulación, lo que hace es unir todos los puntos cuya cota hemos obtenido en campo e interpolar estas cotas entre los planos que forman los triángulos, para así formar el modelo digital nuestro terreno.



Los parámetros adecuados que definimos en el programa se muestran a continuación:



Triangulada la malla de puntos, debe editarse, ya que aunque se le hayan definido ciertos parámetros el programa puede mostrar situaciones que no son reales, como por ejemplo haber dibujado triángulos en zonas que pertenecen a fachadas, al haber unido puntos que marcan sus límites. Así, el siguiente paso es eliminar triángulos siguiendo nuestro criterio de trabajo en campo, como aquellos que estaban fuera de los límites de nuestra cartografía, o triángulos mal formados.

Después de esto, procedimos a curvar, estableciendo una equidistancia para las curvas de nivel de 25 cm. Al haber eliminado triángulos sobrantes o erróneos, las curvas de nivel se deben adaptar correctamente, formando finalmente el modelo. Aun así existían ciertas anomalías en algunas curvas de nivel, que hubo que solucionar antes de dar el modelo por bueno.

El siguiente paso sería exportar el modelo a AutoCAD para obtener el plano definitivo. Antes de ello, creímos conveniente hacer una primera edición simple en Tool Curvado, dibujando las líneas características que se correspondían con aceras, viales, medianas, isletas, muros y fachadas; en general, todos los elementos lineales. Todas estas líneas son quebradas, y nos han servido de ayuda para posteriormente, en AutoCAD, realizar el plano completo.

➤ 6.2 EDICIÓN DEL PLANO BASE

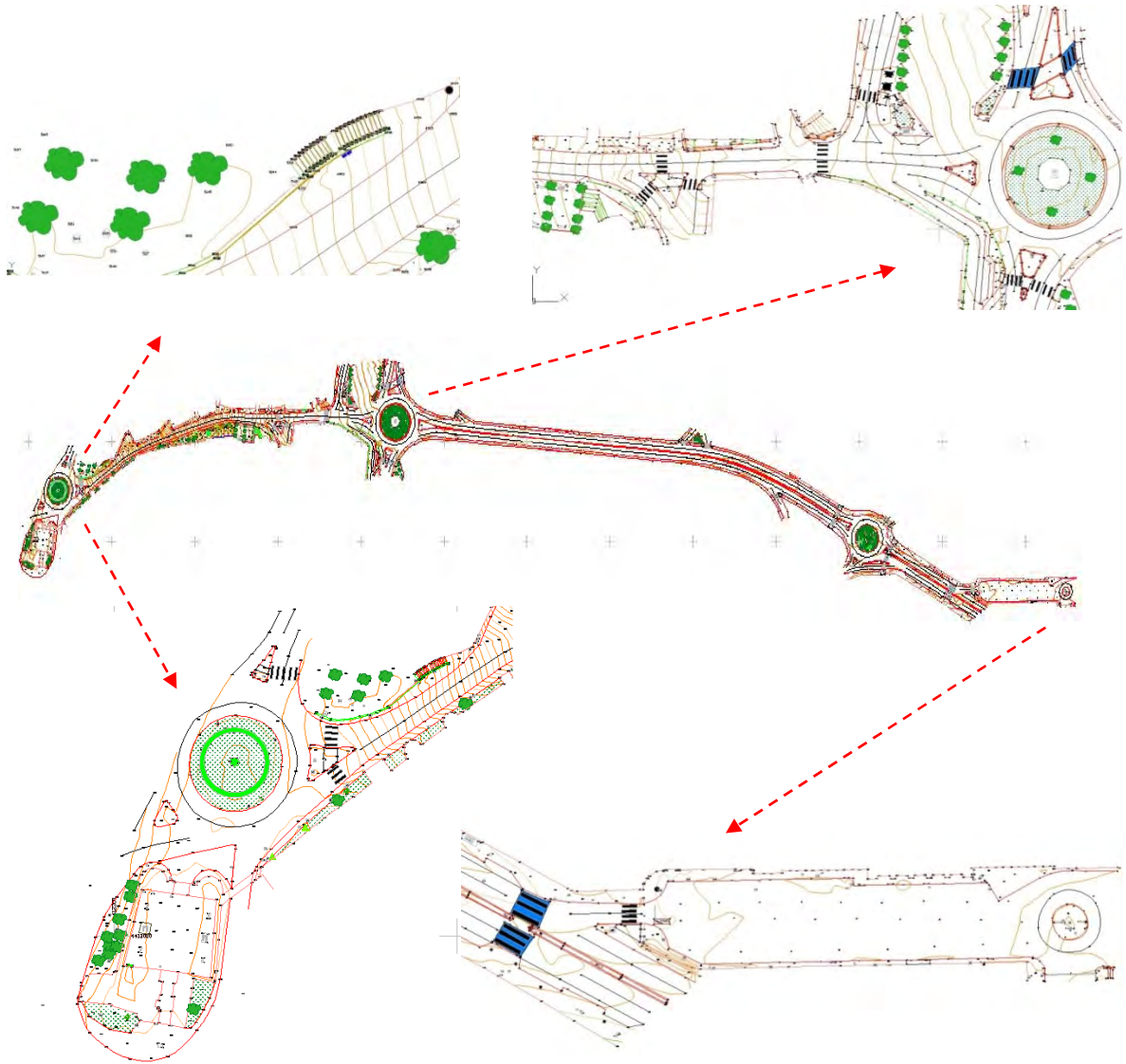
La edición del plano consiste en diseñarlo para que ofrezca la mayor información posible de la manera más rápida y más cómoda visualmente. Para ello se ha utilizado AutoCAD.

Lo primero es distribuir cada entidad en una capa distinta para facilitar la edición y la comprensión del plano. Realizado esto comenzamos a editar la parte de la cartografía que ya teníamos implantada con Tool Curvado. Se han cambiado quiebros por curvas, a cada tipo de línea se le ha asignado un color para que el plano sea legible, se ha comprobado que todas las líneas importadas estaban a cota y corregido algunas imperfecciones en las curvas de nivel (quiebros extraños y cruzamientos).

Posteriormente completamos el plano, añadiendo líneas que faltaban, creando librerías de bloques (para representar elementos tales como bancos, señales, árboles, alcantarillas, farolas, y registros de luz, de saneamiento, de telefonía, de tráfico y resto de elementos representativos que se suelen dar en el panorama urbano), añadiendo tramas y textos aclaratorios como nombres de calles y emplazamientos característicos.

Finalizada la edición de la cartografía base, lo siguiente es exportarla a un programa de diseño y encaje de trazados lineales para proceder a proyectar la vía del tranvía. No se exportan todos los elementos, ya que algunos de ellos no son relevantes, o dificultarían el implante del vial. Por lo cual, las capas donde se incluían elementos puntuales como árboles, bancos, señales de tráfico o papeleras fueron desactivadas, al igual que la capa que contenía el número de los puntos y la capa de la malla de cruces de referencia que AutoCAD genera automáticamente. De esta manera queda una cartografía base limpia y preparada para trabajar sobre ella.

El software de trazado lineal con el que trabajamos es CLIP, también de Tool.



*Imágenes procedentes de AutoCAD. Cartografía Base

7. DISEÑO Y ENCAJE DE LA VÍA

En el capítulo anterior se ha desarrollado el proceso seguido para obtener el modelo digital del terreno a partir de la nube de puntos conseguida con el levantamiento. Este modelo digital es la cartografía base sobre la que implantar la línea del tranvía, utilizando para ello el programa de trazado lineal CLIP.

En este capítulo se detallan los pasos seguidos para llegar a obtener el proyecto de una línea que cumpla los requisitos de la normativa vigente en ferrocarriles y que se adecúe a las características y particularidades del casco urbano de Toledo.

➤ 7.1 NORMATIVA VIGENTE EN FFCC

Todo proyecto de trazado de un vial, sea éste de carreteras o de ferrocarriles, requiere el cumplimiento en el diseño de los requisitos que impone la normativa en función de unos parámetros.

En el caso del ferrocarril, estos parámetros se obtienen en las normas que publica el ente ferroviario, siendo en España ADIF. Anteriormente, las publicaciones las hacía RENFE, y se denominaban NRV, Normas Renfe Vía.

Cuando el ancho de la vía es internacional, como es el caso, muchas de las normas tienen origen en las UIC, International Union of Railways, que originariamente se comenzaron en Francia y cuya traducción es Union Internationale des Chemins de Fer.

➤ 7.2 GEOMETRÍA DE LA VÍA

En este apartado se resumen todos los pasos seguidos y aspectos a tener en cuenta para llegar a obtener el trazado del tranvía en la cartografía que hemos exportado al programa CLIP.

Los datos de la geometría obtenidos una vez realizada la implantación se han exportado y presentado en el Anexo 5 de la memoria.

▪ 7.2.1 Trazado en planta

Para comenzar a realizar el trazado, lo primero que debemos definir es la velocidad de proyecto, a partir de la cual podemos obtener los parámetros de trazado de un eje en planta. Dentro de este eje tendremos que definir a su vez un tramo, que será el

perteneciente a nuestra línea de tranvía, con inicio y final en los destinos de la estación de AVE y Puerta de Bisagra. En los datos globales del tramo será donde tengamos que introducir todos los valores correspondientes a la sección tipo de nuestra vía, que se comenta más adelante.

Definido un eje y su correspondiente tramo lo siguiente es adquirir el terreno correspondiente a la zona de ocupación para poder proceder con el diseño de la vía. En este caso, el terreno es la cartografía base o modelo digital que hemos obtenido anteriormente.

Con la cartografía cargada en el programa, se puede proceder a diseñar en planta el trazado. La geometría de éste puede estar condicionada por la velocidad de circulación del vehículo, principalmente en los radios de las curvas que incluyamos en el diseño. En este caso, hemos fijado un límite de velocidad para nuestro tranvía de 25 km/h. Dado que es un límite de velocidad relativamente bajo, el trazado en planta ha podido ser diseñado mediante sólo dos elementos de alineación: rectas y curvas circulares.

Normalmente, es necesaria la introducción de un tercer elemento, como son las curvas de transición. La curva de transición más utilizada es la clotoide. Este elemento permite pasar de forma gradual de un radio infinito perteneciente a una recta a un radio constante perteneciente a una curva circular. Sin embargo, los parámetros de una clotoide están condicionados por la velocidad de circulación. En nuestro caso, la velocidad es tan baja que el desarrollo de la clotoide es muy pequeño, lo que implica que prácticamente es como si no existiera transición de curvatura. Es por esto que nuestro trazado se compone sólo de rectas y curvas.

Las características generales de la línea en cuanto a su proyección en planta son:

- El recorrido es de aproximadamente 1,3 km. desde el punto de partida al de llegada.
- A mitad del recorrido, aprovechando una gran rotonda que distribuye la circulación de coches y que está situada enfrente de la estación de autobuses de Toledo, se ha establecido otra parada para el tranvía.

En este punto, la vía se duplica, con un andén central para subir y bajar. Este desdoblamiento permite el encuentro de los dos tranvías que circulan en direcciones contrarias. El resto del recorrido es de vía única.

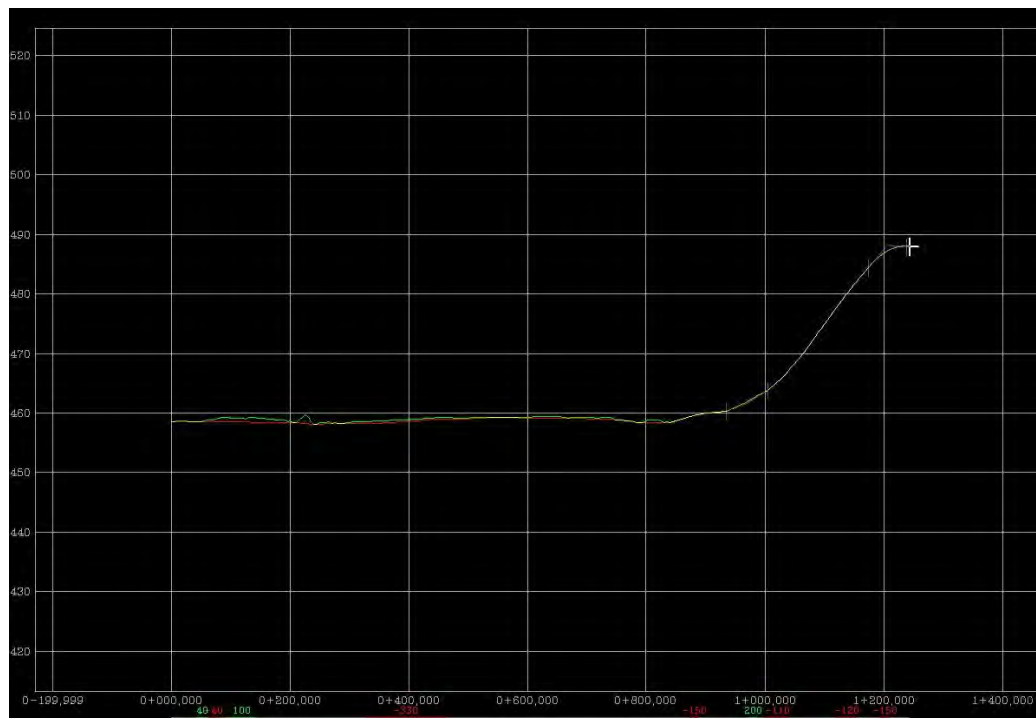
7.2.2 Trazado en alzado

Para determinar el alzado con CLIP, definiremos en primer lugar una rasante para nuestro tramo de tranvía. Definida la rasante, el proceso será introducir los vértices que nos determinen las alineaciones verticales. Éstas quedarán definidas por sus pendientes, que habrá que tener muy en cuenta por las restricciones que conllevan.

En nuestro caso, existe un tramo de calle en el que la pendiente es de más de un 12 %. Esta condición nos ha llevado a tener que considerar para este tramo un mecanismo de circulación distinto a los carriles definidos para el resto del recorrido, que sólo admiten un valor máximo de pendiente de un 6 %. El mecanismo para dicha pendiente es el llamado “de cremallera”, diseñado especialmente para casos como éstos, siendo un ejemplo conocido los tranvías de Lisboa.

Una vez introducidos los vértices y definido las alineaciones, queda establecer los acuerdos verticales, es decir, los elementos que se ajustan a la rasante cuando hay en ésta dos tramos de pendientes o inclinaciones distintas.

Una vez completadas las operaciones que definen el alzado, se deben comprobar los diferentes perfiles transversales que lo forman, para verificar que el terreno está perfectamente adquirido con respecto a la rasante definida y que no existen zonas del mismo que no se corresponden con la situación real.



*Imagen de CLIP de la rasante ajustada al terreno

▪ 7.2.3 Sección tipo

La sección tipo se corresponde con la geometría transversal que adquiere la vía una vez que se definen las características que ésta va a tener, a las que llamamos datos globales de la sección.

Los datos globales se definen en el tramo que tenemos creado, y se corresponden con el espesor de las capas de balasto, sub-balasto y capa de forma, el ancho de vía, la distancia a los andenes y su anchura, la medida de los entre-ejes, las inclinaciones de los taludes, el bombeo para la evacuación de aguas y el peralte, en caso de haberlo.

El peralte es la inclinación que se le aplicaría a la vía y que contrarresta la fuerza centrífuga para aumentar la seguridad en las curvas. Al igual que se ha comentado en el trazado en planta, que no era necesario la introducción de curvas de transición debido a la baja velocidad de circulación, lo mismo ocurre en este caso con el peralte. No es relevante su utilización, y por tanto en todo el tramo es nulo.

Además de definir los datos globales, hay que cargar en el programa los ficheros externos correspondientes a gálibos, carriles y traviesas, ya que en función del tipo de cada elemento que hayamos elegido la sección tipo será de una forma u otra. En el proyecto que nos ocupa hemos elegido:

- Carriles → Ri60N
- Traviesas → REDAL-2000
- Gálipo → Cin.GIF H.C.5,4

Debido a las diferentes situaciones que adquiere la vía a lo largo del recorrido, la sección tipo no es igual en todo el tramo.

Tendremos distintas secciones según la situación del tranvía sea:

- Circulando por el bulevar que unirá la parada dentro de la estación de AVE con la parada intermedia en la rotonda. Tendremos una vía dispuesta sobre tierra vegetal.
- Circulando por el tramo de calle que une la parada intermedia de la rotonda con la parada final de Puerta de Bisagra. Tendremos los carriles embebidos

en la placa de asfalto, ya que el tramo se compartirá entre circulación de coches y de tranvía.

- Estacionado en la parada de la estación de AVE. Se tendrá un andén situado junto al muro que delimita el recinto para aumentar la seguridad en la subida y bajada de viajeros.
- Estacionado en la parada intermedia de la rotonda. La sección tipo se corresponde con un andén central que proporciona acceso a las dos vías: la que sube hacia Puerta de Bisagra por la calle de la Carrera y la que se dirige a la estación de trenes por el puente de Azarquiel.
- Estacionado en la parada de Puerta de Bisagra, donde al igual que en la parada del comienzo de la línea se tiene un andén situado en la acera junto a la muralla, para evitar posibles accidentes.



*Imagen de CLIP de un perfil transversal, con la sección tipo ya definida

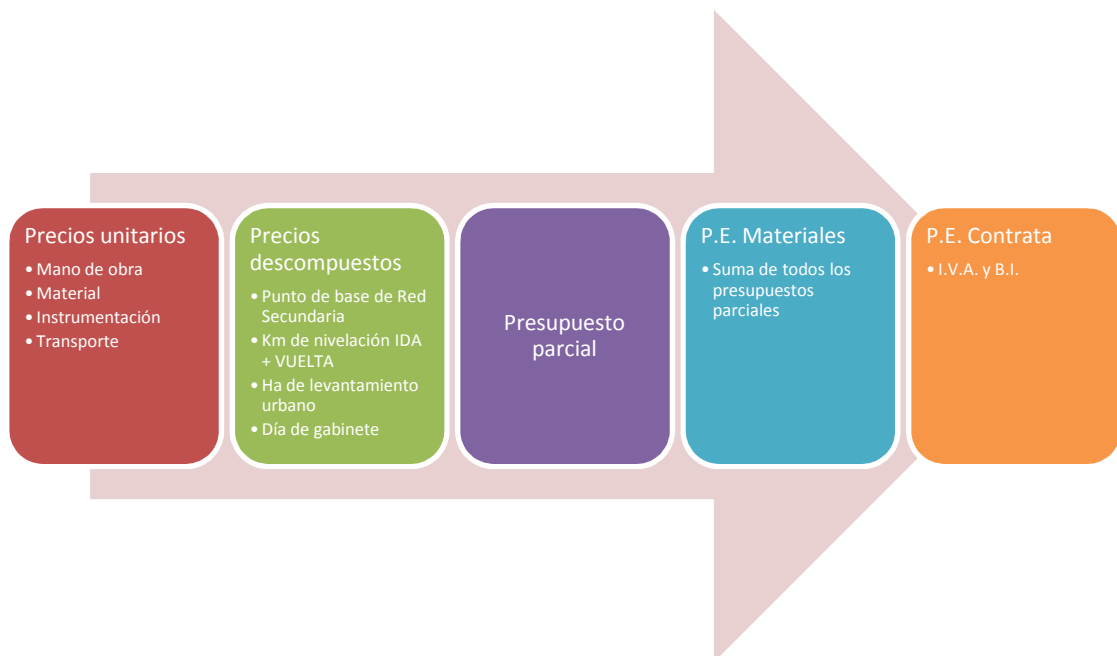
8. PRESUPUESTO

Este capítulo tiene como objetivo determinar el presupuesto total que le supondría a una empresa constructora realizar una obra de las mismas características que la que nosotros nos hemos planteado.

Así, mediante lo que hemos estudiado en la asignatura de tercer curso “Proyecto Fin de Carrera” y los datos que podemos obtener de Internet, realizaremos un presupuesto estimado de los costes reales que implicaría el trabajo que nosotros hemos ejecutado en parte como estudiantes.

El coste total que le supone una obra a una empresa constructora es el que resulta de aplicar el impuesto sobre el valor añadido (I.V.A.) y el porcentaje que corresponda de beneficio industrial al precio resultante de ejecución de la obra con materiales, instrumentos, mano de obra y servicios de transporte incluidos.

A este precio de ejecución se llega a través del desglose de lo que llamamos precios unitarios y precios descompuestos, aplicados éstos a su vez a un presupuesto parcial. La suma de todos los presupuestos parciales nos proporciona el precio de ejecución con materiales.



➤ 8.1 RELACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS Y COSTES GENERALES

Listado de precios unitarios		
Designación	Unidad	Precio / Unidad (€)
Mano de obra		
Ing. Técnico en Topografía	Día	120
Peón / Auxiliar	Día	60
Instrumentos		
Estación Total Leica TPS 1202+ con prisma Leica (Bastón de 2,15 m.) y mini-prisma Leica (Bastón de 1,3 m.)	Hora	11
Receptor/Emisor GPS Topcon HiperPro bifrecuencia	Hora	20
Nivel electrónico Leica Sprinter 100M con 2 miras invar y respectivos zócalos	Hora	32,50
Material		
Flexómetro	Unidad	8,50
Maceta	Unidad	22
Clavos de acero	Unidad	0,40
Clavos "geopunto"	Unidad	0,80
Spray pintura	Unidad	4
Walkie - Talkie Motorola	Mes	24
Gasoil	Km	0,10

Costes Generales			
Acciones	Coste	Durabilidad	Al día
Manutención del personal			13 €
Costes del vehículo de empresa	15.000 €	6 años	10,40 €
Costes de oficina	12.000 €	1 año	50 €
Material complementario (Bolígrafos, carpetas, folios, lapiceros, borradores y móvil de empresa)			4€
Transporte (Bus urbano, bus Madrid-Toledo, metro y coche empresa)			15 €

➤ 8.2 RELACIÓN DE PRECIOS DESCOMPUESTOS

Punto de base de Red Secundaria				
Unidad	Designación	Rendimiento	Precio (€)	Coste (€)
Día	Ing. Técnico Topografía	0,26	120	31,20
Día	Peón / Auxiliar	0,13	60	7,80
Hora	Receptor/Emisor GPS Topcon HiperPro Bifrecuencia	2	20	40
Unidad	Flexómetro	0,12	8,50	1,02
Unidad	Clavo acero	1	0,40	0,40
Unidad	Clavo "geopunto"	1	0,80	0,80
Unidad	Spray pintura	0,04	4	0,16
Unidad	Walkie - Talkie	0,30	24	7,20
Kilómetro	Gasoil	18,60	0,10	1,86
Total				90,44

Km de nivelación de IDA + VUELTA				
Unidad	Designación	Rendimiento	Precio (€)	Coste (€)
Día	Ing. Técnico Topografía	2	120	240
Hora	Nivel electrónico Leica Sprinter 100M con 2 miras invar y respectivos zócalos	10	32,50	325
Unidad	Flexómetro	0,04	8,50	0,34
Kilómetro	Gasoil	140	0,10	14
Total				579,34

Ha de levantamiento urbano				
Unidad	Designación	Rendimiento	Precio (€)	Coste (€)
Día	Ing. Técnico Topografía	4	120	480
Hora	Estación Total Leica TPS 1202+ con prisma Leica (Bastón de 2,15 m.) y mini-prisma Leica (Bastón de 1,3 m.)	12	11	132
Hora	Receptor/Emisor GPS Topcon HiperPro Bifrecuencia	8	20	160
Unidad	Flexómetro	0,04	8,50	0,34
Kilómetro	Gasoil	280	0,10	28
Total				800,34

Día de gabinete				
Procesos				
Volcado de datos crudos y descarga de RINEX (0,5 días)				
Procesamiento de datos y obtención de coordenadas en Leica Geoffice (0,5 días)				
Exportación de coordenadas a Tool Curvado y elaboración del modelo (1 día)				
Exportación del modelo a AutoCad y elaboración de la cartografía (2 días)				
Exportación de la cartografía a CLIP y proyección del vial (1 día)				
Presentación e impresión de los planos (0,5 días)				
Unidad	Designación	Rendimiento	Precio (€)	Coste (€)
Día	Software informático	0,004	10000	220
Unidad	Papel DIN A1	22	2	44
Unidad	Papel DIN A3	2	0,30	0,60
Unidad	Papel DIN A4	318	0,03	9,54
Unidad	Impresora	0,015	140	11,55
Unidad	Plotter	0,002	1350	14,85
Unidad	Encuadernación	3	25	75
Total				375,54

➤ 8.3 PRESUPUESTO PARCIAL

Presupuesto parcial				
Designación				
Punto de base de Red Secundaria	Unidad	Medición	Precio (€)	Coste (€)
	Base	15	100,84	1512,60
Designación				
Km de nivelación de IDA + VUELTA	Unidad	Medición	Precio	Coste
	Km	1,265	619,34	783,47
Designación				
Ha de levantamiento urbano	Unidad	Medición	Precio	Coste
	Ha	4,45	880,34	3917,51
Designación				
Día de gabinete	Unidad	Medición	Precio	Coste
	Día	5,5		375,54
Designación				
Costes generales	Unidad	Medición	Precio	Coste
	Día	8,63	92	793,96
Total				
				7383,08

➤ 8.4 PRESUPUESTO TOTAL

<i>Presupuesto total</i>	
	<i>Coste (€)</i>
Presupuesto Ejecución Materiales	7383,08
Beneficio Industrial (19%)	1402,78
I.V.A. (21%)	1845,03
Total Presupuesto Ejecución Contrata	10630,89

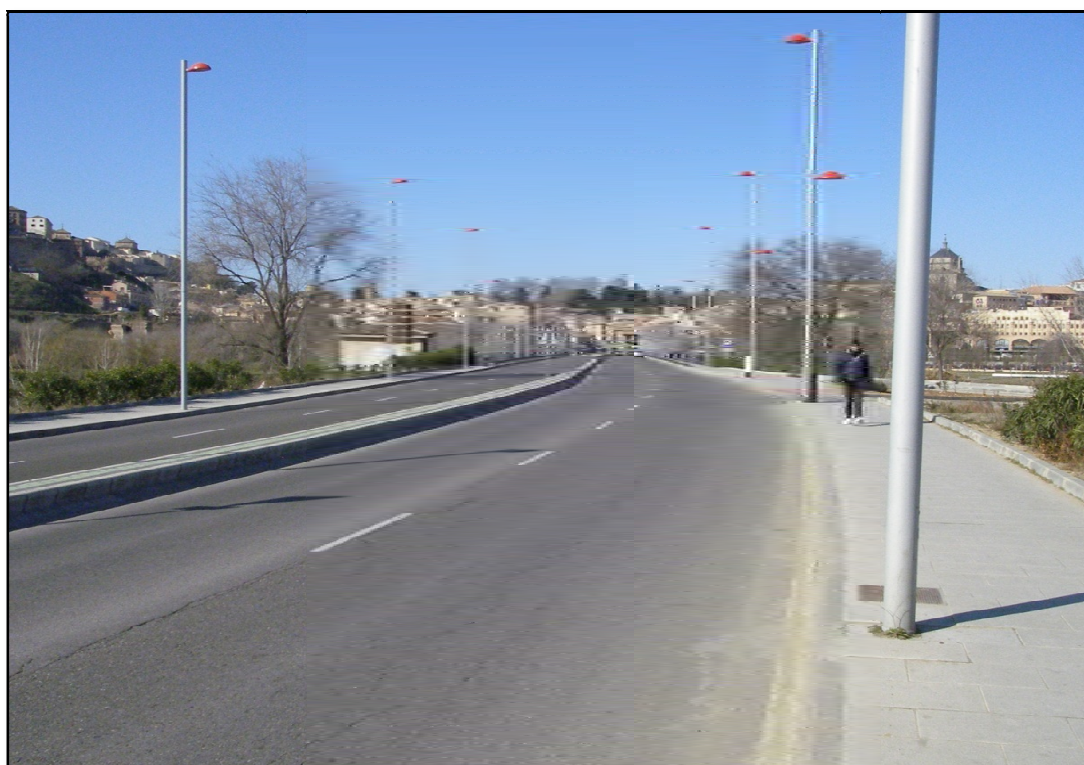
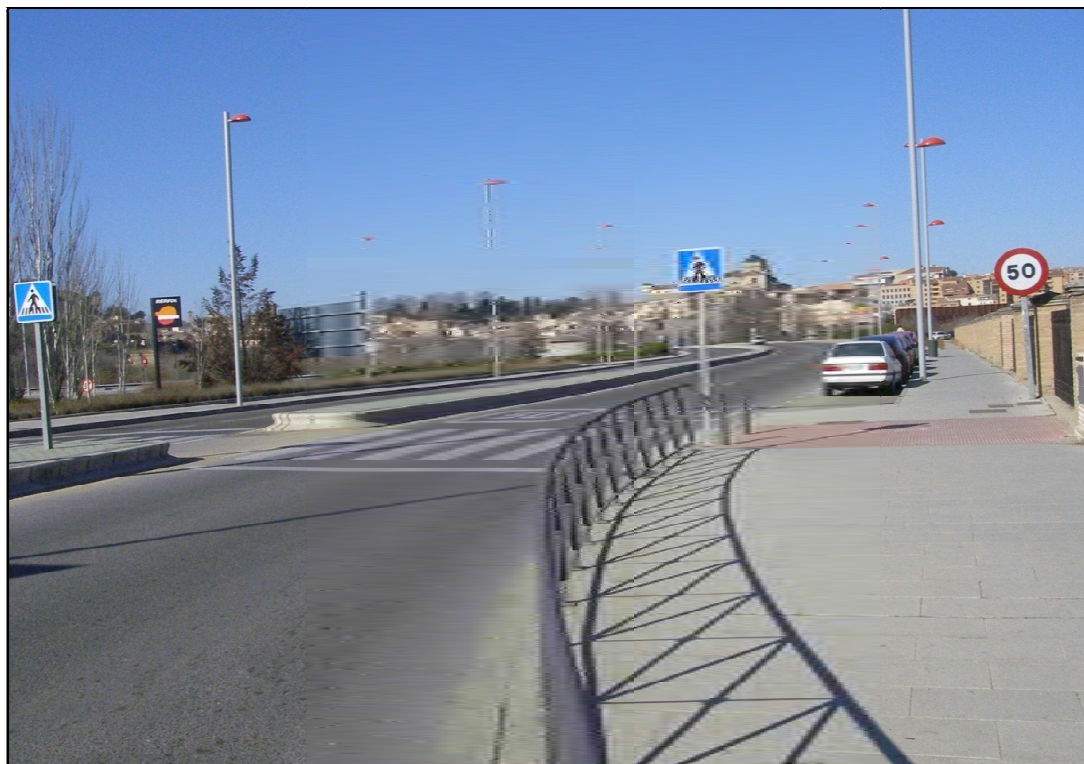
9. ANEXOS

➤ 9.1 REPORTAJE FOTOGRÁFICO

Este último capítulo de la memoria descriptiva lo dedicamos a mostrar una serie de fotografías tomadas en campo de la zona del recorrido que seguiría la línea de tranvía. Es una manera de situar visualmente el resultado de lo que sería este proyecto.



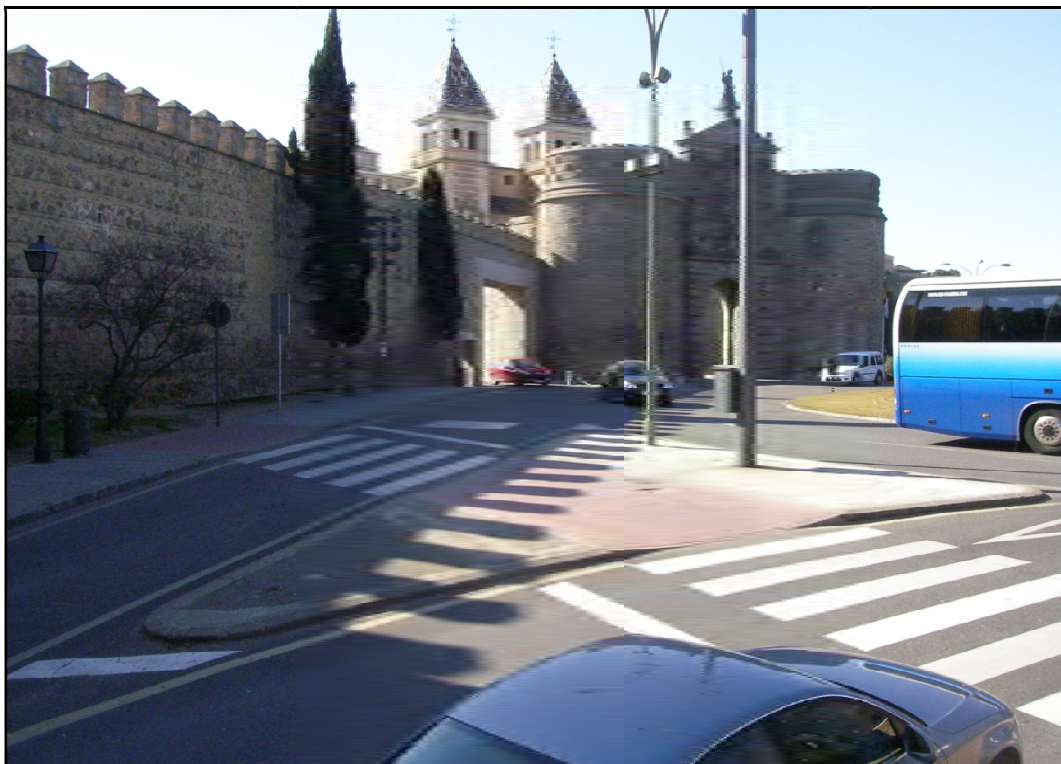












➤ 9.2 RESEÑAS



E.T.S.I. EN TOPOGRAFÍA, GEODESIA
Y CARTOGRAFÍA

Reseña Vértice

16-Feb-2012

Nombre: **B3001**
Municipio: **Toledo**
Provincia: **Toledo**
Fecha de señalización: **3 de Noviembre de 2011**
Tipo de señal: **Clavo de acero**

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Referencia: **ETRS-89**
Latitud: **39° 51' 43,7159"**
Longitud: **4° 00' 43,1113"**
Altitud: **511,440 m.**

Coordenadas UTM Huso 30:

Sistema de Referencia: **ETRS-89**
X: **413443,814 m.**
Y: **4412946,618 m.**

Altitud sobre el nivel medio del mar: **459,080 m.**

Situación:

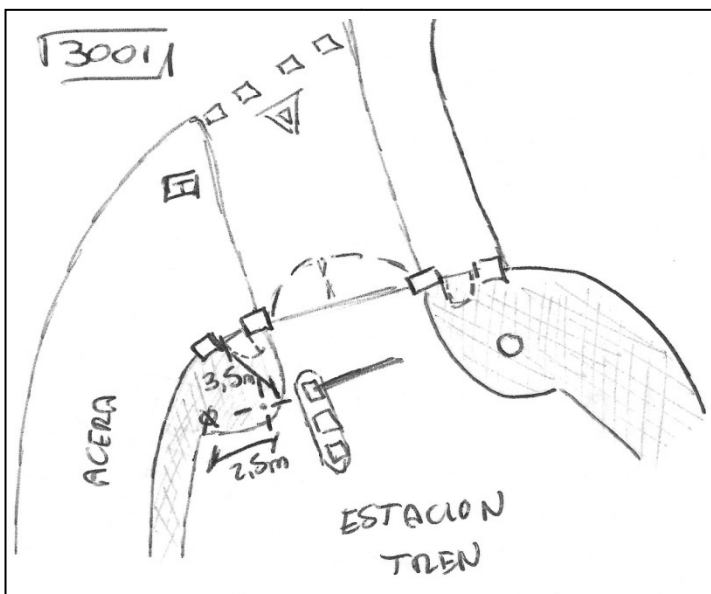
En la acera izquierda de la puerta de salida para los coches de la estación de AVE, el clavo se encuentra a unos 3.5 m. del muro que delimita el aparcamiento y a unos 20 cm. del bordillo exterior.

Acceso:

Desde la Puerta Bisagra, bajando la Calle de la Carrera se llega a una primera rotonda, se continúa recto cruzando el puente de Azarquiel y se llega a otra rotonda, donde comienza el Paseo de la Rosa. El acceso a la estación de AVE se realiza girando a la izquierda en la siguiente rotonda, a unos 100 m.

Observaciones:

Vértice calculado en Marzo de 2012. Observado también mediante técnicas GPS.



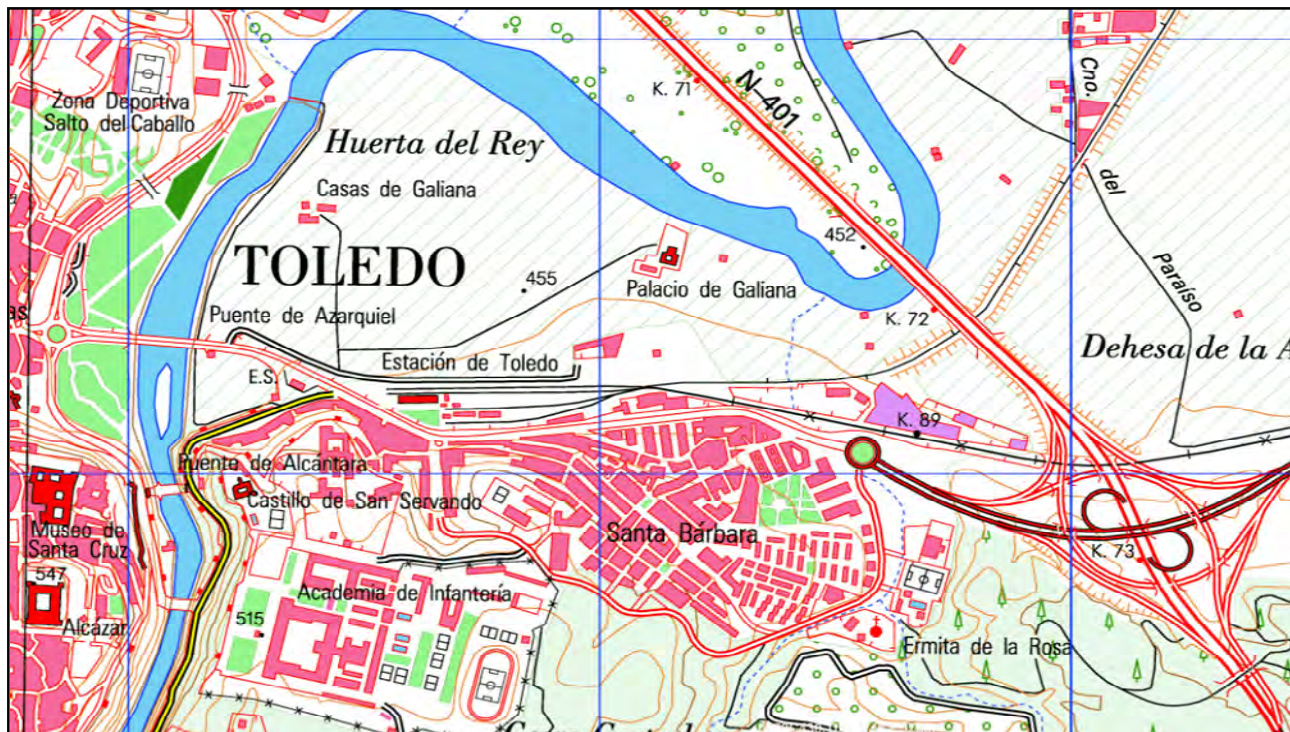


Cartografía de situación

16-Feb-2012

B3001

Escala 1:25000





Reseña Vértice

20-Feb-2012

Nombre: **B3002**
Municipio: **Toledo**
Provincia: **Toledo**
Fecha de señalización: **3 de Noviembre de 2011**
Tipo de señal: **Clavo de acero**

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Referencia: **ETRS-89**
Latitud: **39° 51' 43,7732"**
Longitud: **4° 00' 45,6111"**
Altitud: **511,559 m.**

Coordenadas UTM Huso 30:

Sistema de Referencia: **ETRS-89**
X: **413384,440 m.**
Y: **4412949,056 m.**

Altitud sobre el nivel medio del mar: **459,215 m.**

Situación:

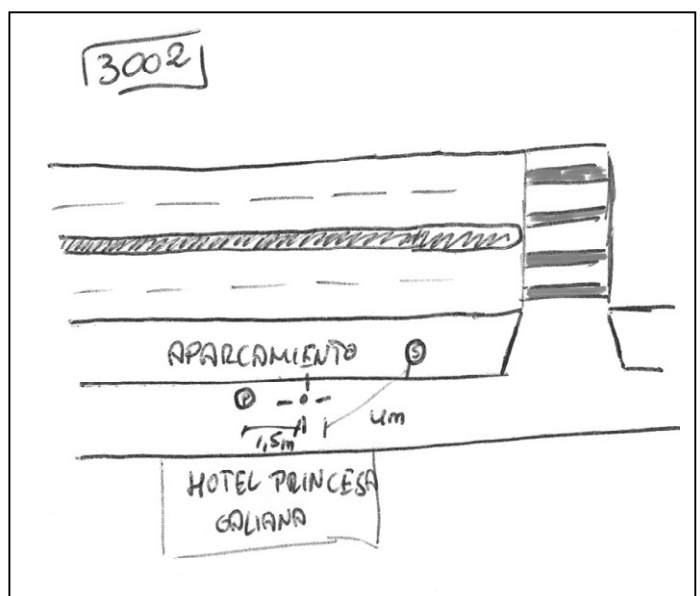
En la acera del hotel Princesa Galiana y enfrente de la estación de AVE, a unos 15 m. del paso de cebra más cercano y a 1.5 m. de una papelería. Del bordillo exterior de la acera dista unos 35 cm.

Acceso:

Desde la Puerta Bisagra, bajando la Calle de la Carrera se llega a una primera rotonda, se continúa recto cruzando el puente de Azarquel y se llega a otra rotonda, donde comienza el Paseo de la Rosa. El clavo se encuentra en la acera derecha, aproximadamente enfrente de la puerta del hotel Princesa Galiana.

Observaciones:

Vértice calculado en Marzo de 2012. Observado también mediante técnicas GPS.



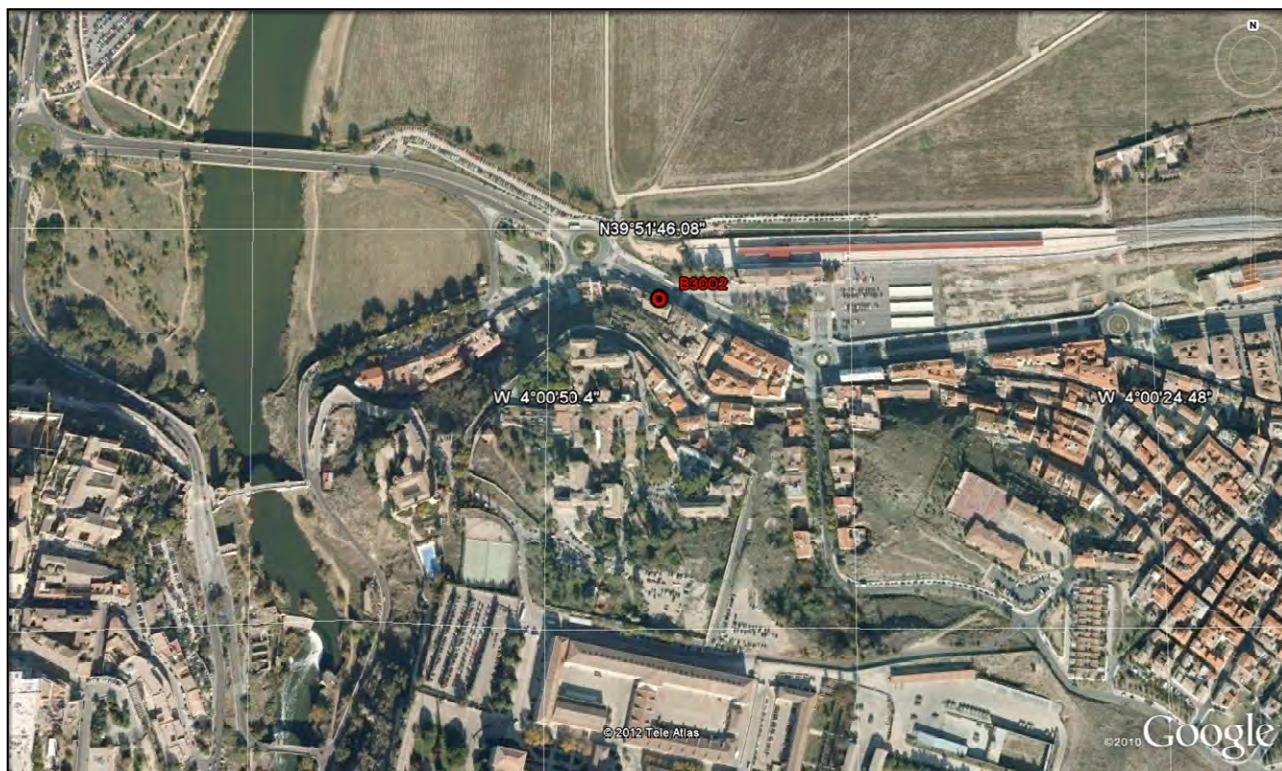
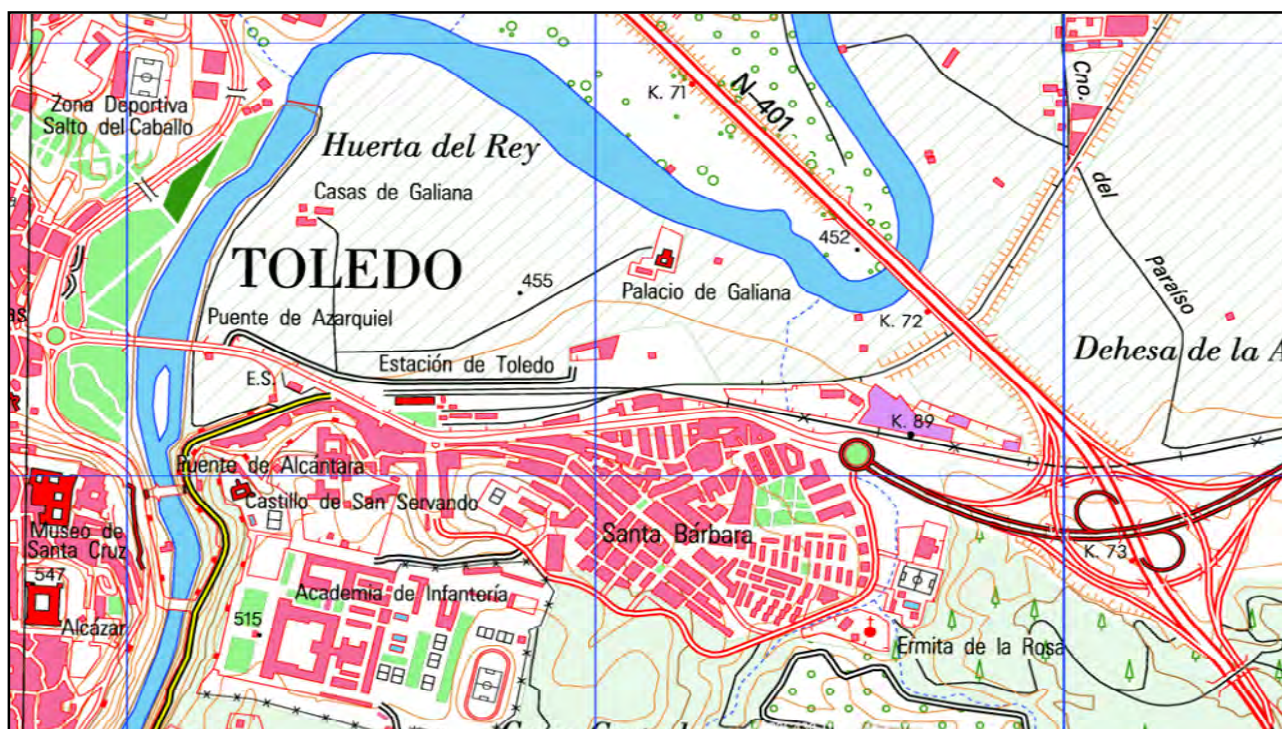


Cartografía de situación

20-Feb-2012

B3002

Escala 1:25000





Reseña Vértice

20-Feb-2012

Nombre: **B3003**
Municipio: **Toledo**
Provincia: **Toledo**
Fecha de señalización: **3 de Noviembre de 2011**
Tipo de señal: **Clavo de acero**

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Referencia: **ETRS-89**
Latitud: **39° 51' 46,2574"**
Longitud: **4° 00' 49,5322"**
Altitud: **510,317 m.**

Coordenadas UTM Huso 30:

Sistema de Referencia: **ETRS-89**
X: **413292,146 m.**
Y: **4413026,701 m.**

Altitud sobre el nivel medio del mar: **457,977 m.**

Situación:

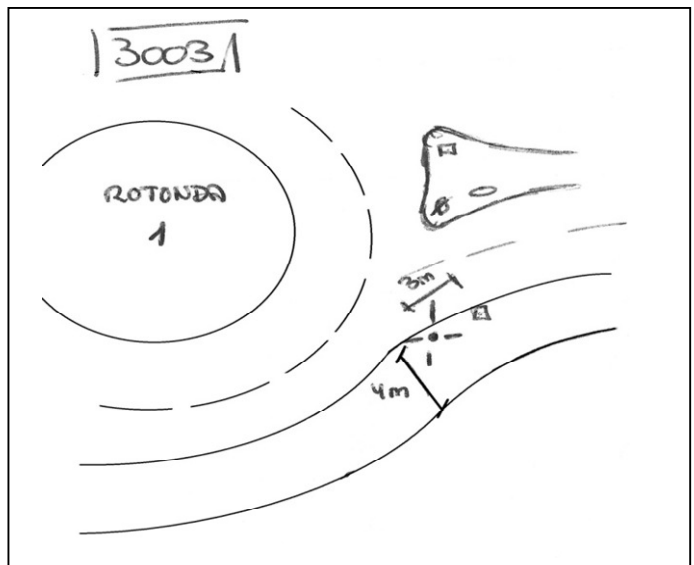
El clavo está situado en la acera izquierda según se cruza el puente de Azarquiel en dirección a la estación de AVE, en la rotonda donde comienza el Paseo de la Rosa. Se encuentra a unos 15 m. del paso de cebra más cercano y a 1 m. del bordillo exterior de la acera.

Acceso:

Desde la Puerta Bisagra, bajando la Calle de la Carrera se llega a una primera rotonda, se continúa recto cruzando el puente de Azarquiel y justo en la siguiente rotonda, en la acera izquierda a unos 35 m. antes de la entrada a un aparcamiento de tierra se encuentra el clavo.

Observaciones:

Vértice calculado en Marzo de 2012. Observado también mediante técnicas GPS.





Cartografía de situación

20-Feb-2012

B3003

Escala 1:25000





Reseña Vértice

20-Feb-2012

Nombre: **B3004**
Municipio: Toledo
Provincia: Toledo
Fecha de señalización: 3 de Noviembre de 2011
Tipo de señal: Clavo de acero

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Referencia: ETRS-89
Latitud: $39^{\circ} 51' 47,5361''$
Longitud: $4^{\circ} 00' 55,3605''$
Altitud: 510,678 m.

Coordenadas UTM Huso 30:

Sistema de Referencia: ETRS-89
X: 413154,118 m.
Y: 4413067,698 m.

Altitud sobre el nivel medio del mar: 458,350 m.

Situación:

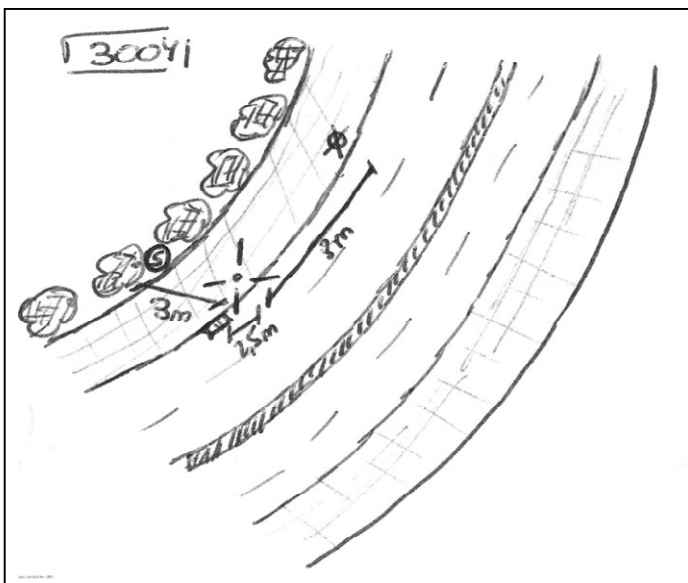
El clavo está situado en la acera derecha según se termina de cruzar el puente de Azarquiel en dirección a la estación de AVE, unos 20 m. antes de un desvío hacia el Paseo de la Rosa. Se encuentra a unos 8 m. de una farola y a 2.5 m. de una alcantarilla. Del bordillo exterior dista 70 cm.

Acceso:

Desde la Puerta Bisagra, bajando la Calle de la Carrera se llega a una primera rotonda, se continúa recto cruzando el puente de Azarquiel y unos 140 m. antes de llegar a la siguiente rotonda, en la acera derecha, se encuentra el clavo.

Observaciones:

Vértice calculado en Marzo de 2012. Observado también mediante técnicas GPS.



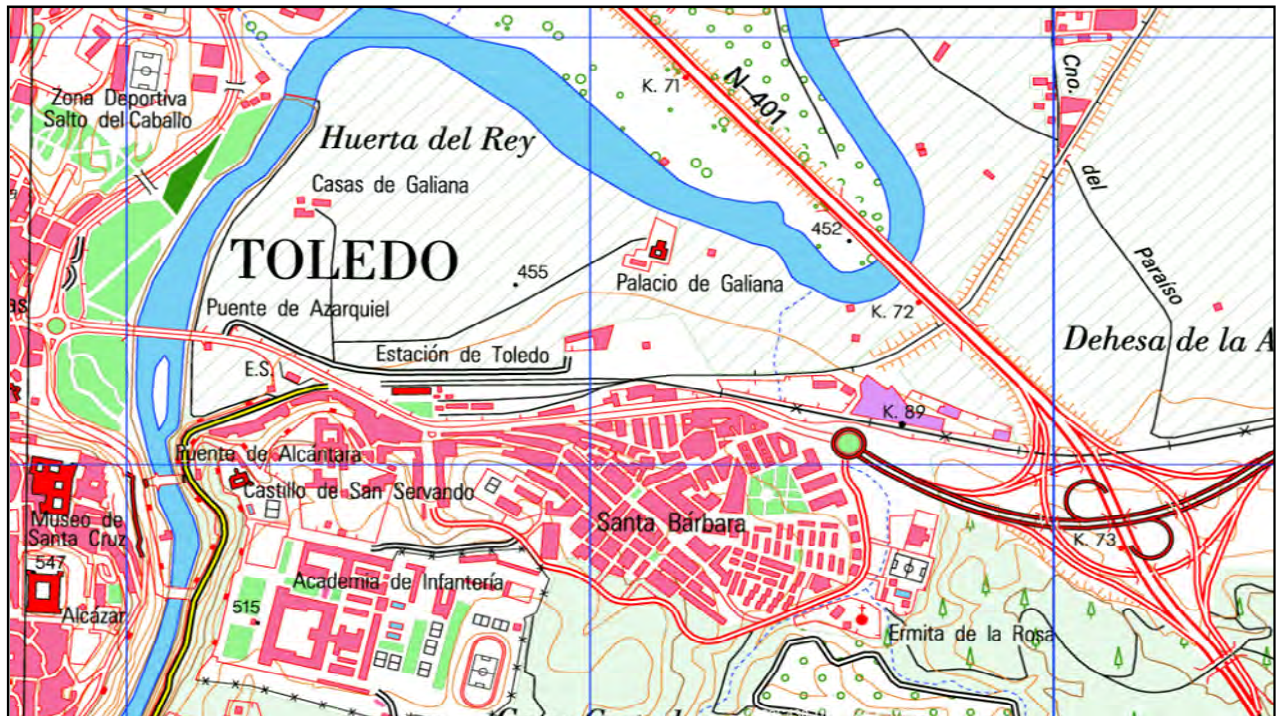


Cartografía de situación

20-Feb-2012

B3004

Escala 1:25000





Reseña Vértice

20-Feb-2012

Nombre: **B3005**
Municipio: Toledo
Provincia: Toledo
Fecha de señalización: 3 de Noviembre de 2011
Tipo de señal: Clavo de acero

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Referencia: ETRS-89
Latitud: $39^{\circ} 51' 48,7094''$
Longitud: $4^{\circ} 01' 01,3318''$
Altitud: 511,472 m.

Coordenadas UTM Huso 30:

Sistema de Referencia: ETRS-89
X: 413012,659 m.
Y: 4413105,485 m.

Altitud sobre el nivel medio del mar: 459,127 m.

Situación:

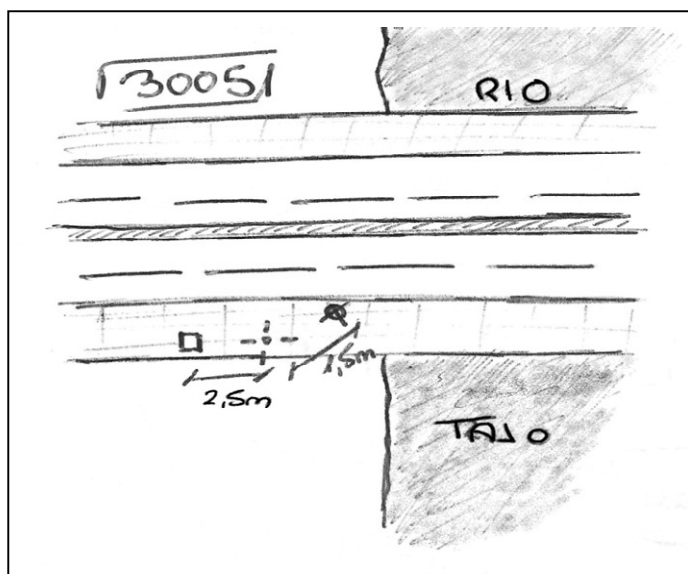
El clavo se encuentra aproximadamente a la misma altura de donde el tablero del puente termina de cruzar el río Tajo. Está situado a 1.5 m. de una farola y a 2.5 m. de un registro de luz. Dista del borde interior de la acera unos 30 cm.

Acceso:

Desde la Puerta Bisagra, bajando la Calle de la Carrera se llega a una primera rotonda. Se sigue recto hasta llegar al puente de Azarquiel y avanzando unos 200 m., en la acera izquierda, se encuentra el clavo.

Observaciones:

Vértice calculado en Marzo de 2012. Observado también mediante técnicas GPS.



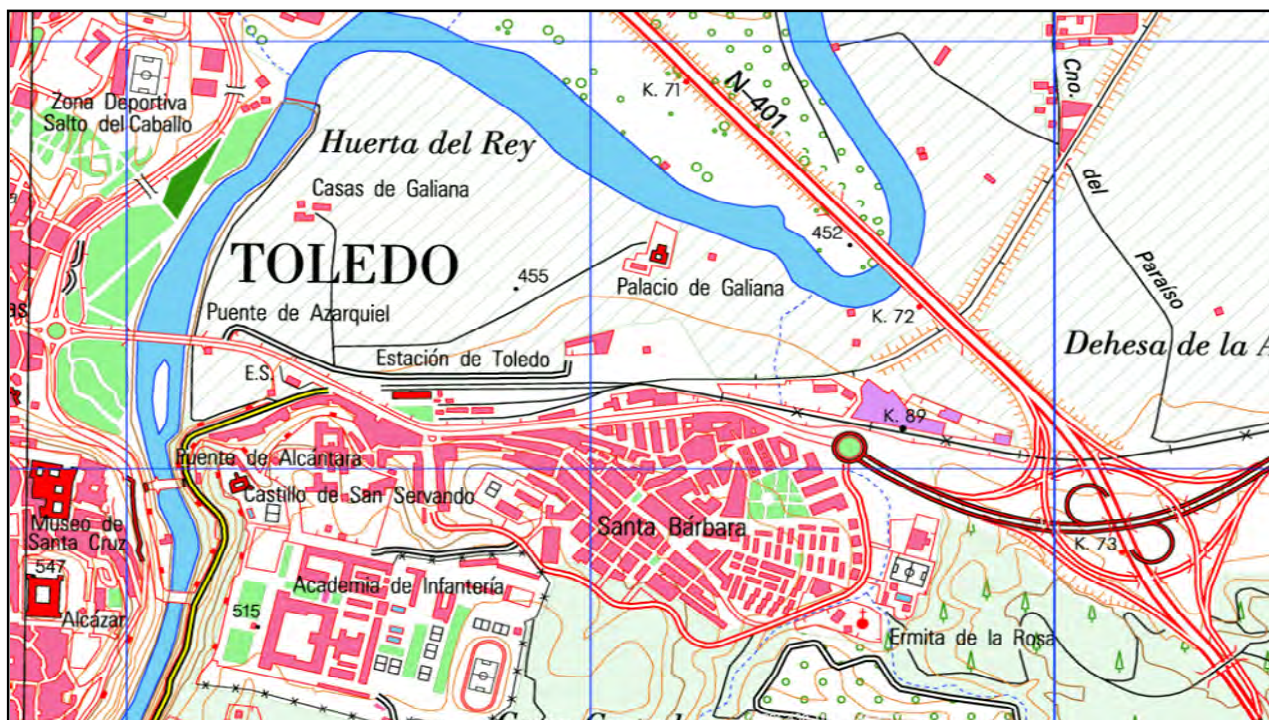


Cartografía de situación

20-Feb-2012

B3005

Escala 1:25000





Reseña Vértice

20-Feb-2012

Nombre: **B3006**
Municipio: Toledo
Provincia: Toledo
Fecha de señalización: 3 de Noviembre de 2011
Tipo de señal: Clavo de acero

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Referencia: ETRS-89
Latitud: $39^{\circ} 51' 48,5352''$
Longitud: $4^{\circ} 01' 09,5901''$
Altitud: 511,223 m.

Coordenadas UTM Huso 30:

Sistema de Referencia: ETRS-89
X: 412816,389 m.
Y: 4413102,347 m.

Altitud sobre el nivel medio del mar: 458,890 m.

Situación:

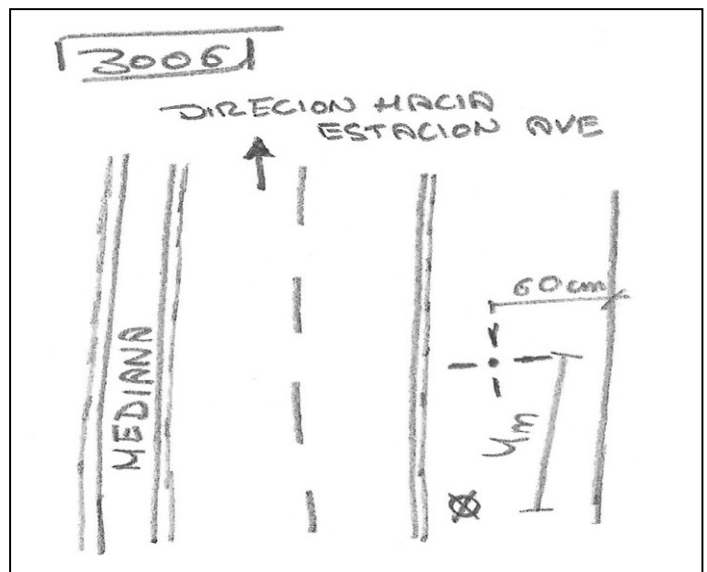
El clavo se encuentra en la acera derecha del puente de Azarquiel, a 4 m. de la farola más cercana y a 60 cm. del bordillo interior de la acera.

Acceso:

Desde la Puerta Bisagra, bajando por la Calle de la Carrera se llega a una primera rotonda. Si se sigue recto en dirección al puente de Azarquiel y a la estación de AVE, encontramos el clavo en la acera derecha unos 15 m. avanzando desde la rotonda.

Observaciones:

Vértice calculado en Marzo de 2012. Observado también mediante técnicas GPS.



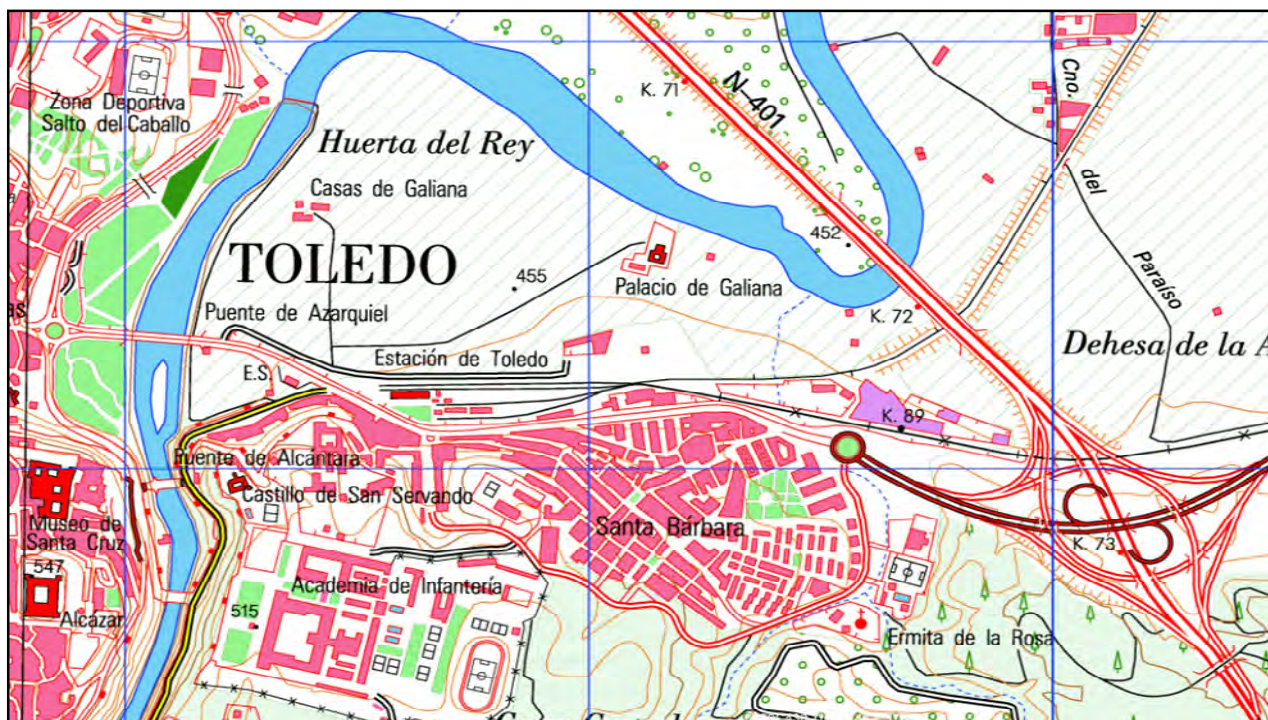


Cartografía de situación

20-Feb-2012

B3006

Escala 1:25000





Reseña Vértice

20-Feb-2012

Nombre: **B3007**
Municipio: **Toledo**
Provincia: **Toledo**
Fecha de señalización: 3 de Noviembre de 2011
Tipo de señal: Clavo de acero

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Referencia: **ETRS-89**
Latitud: **39° 51' 49,0101"**
Longitud: **4° 01' 13,9992"**
Altitud: **511,174 m.**

Coordenadas UTM Huso 30:

Sistema de Referencia: **ETRS-89**

X: **412711,803 m.**
Y: **4413118,186 m.**

Altitud sobre el nivel medio del mar: **458,837 m.**

Situación:

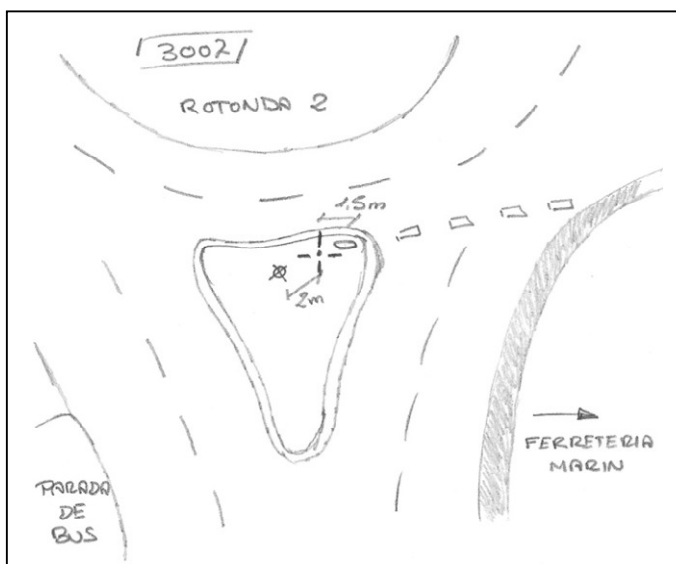
En la isleta, el clavo está situado a 1.5 m. de una señal de tráfico, a 2 m. de una farola y a 60 cm. del bordillo exterior que limita con el carril de la rotonda.

Acceso:

Desde la Puerta Bisagra, bajando por la calle de la Carrera, antes de llegar a la primera rotonda, encontramos una isleta, a cuya izquierda queda la entrada al aparcamiento de la estación de autobuses y a la derecha la ferretería Marín. El clavo se encuentra en esta isleta.

Observaciones:

Vértice calculado en Marzo de 2012. Observado también mediante técnicas GPS.



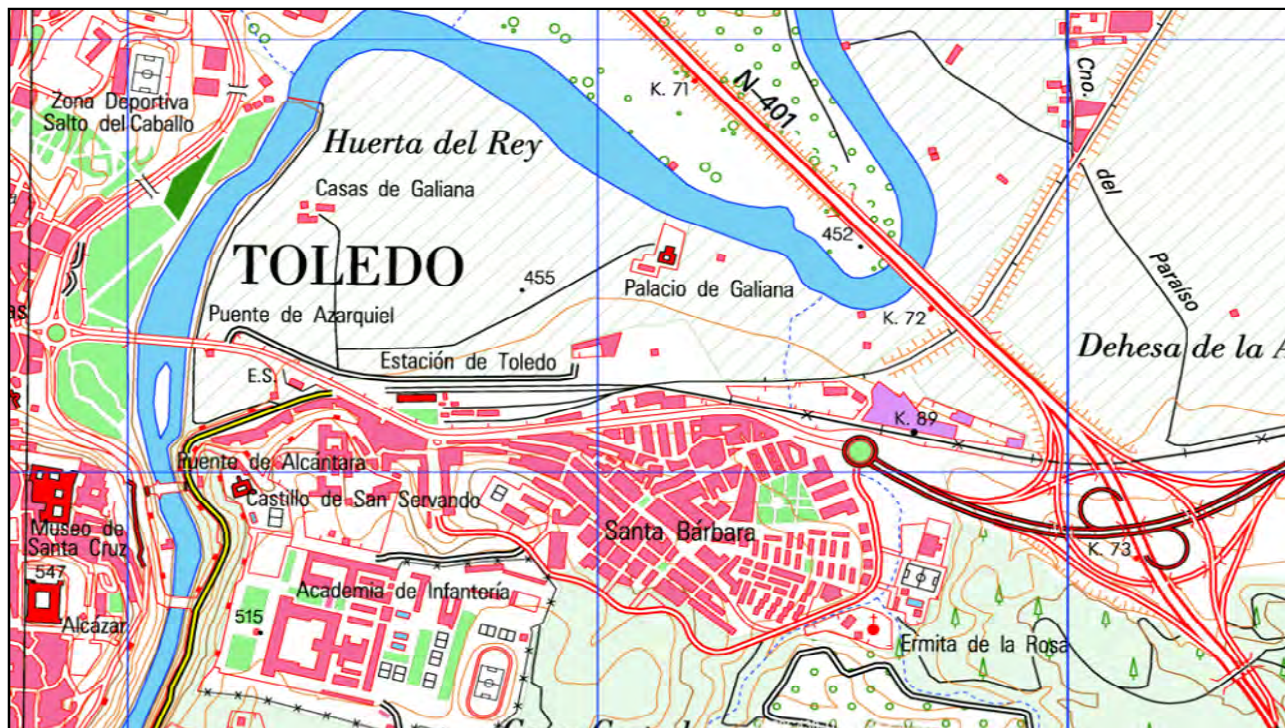


Cartografía de situación

20-Feb-2012

B3007

Escala 1:25000





Reseña Vértice

20-Feb-2012

Nombre: **B3008**
Municipio: **Toledo**
Provincia: **Toledo**
Fecha de señalización: 3 de Noviembre de 2011
Tipo de señal: Clavo de acero

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Referencia: **ETRS-89**
Latitud: **39° 51' 49,3873"**
Longitud: **4° 01' 16,9913"**
Altitud: **512,503 m.**

Coordenadas UTM Huso 30:

Sistema de Referencia: **ETRS-89**
X: **412640,847 m.**
Y: **4413130,627 m.**

Altitud sobre el nivel medio del mar: **460,186 m.**

Situación:

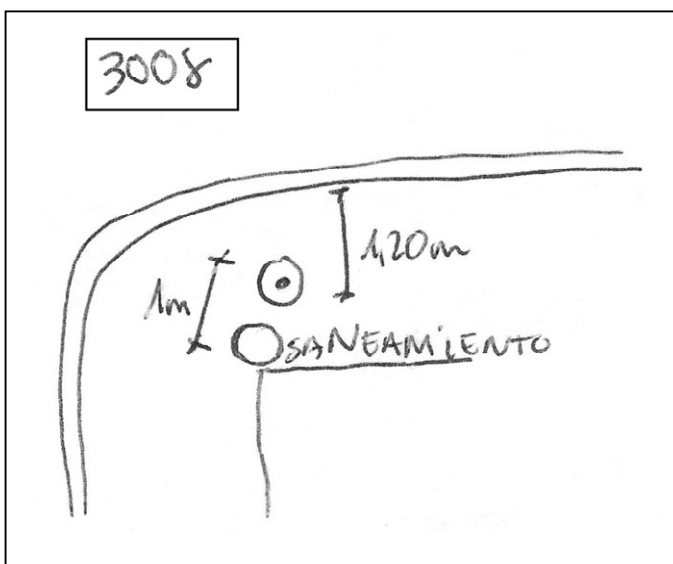
En la acera izquierda según se baja por la calle de la Carrera, el clavo se sitúa a 1 m. de un registro de saneamiento y a 1.20 m. del bordillo exterior de la acera.

Acceso:

Desde la Puerta Bisagra, bajando por la calle de la Carrera, antes de llegar a la altura de la entrada al aparcamiento de la estación de autobuses, el clavo se encuentra en la esquina con la calle del Río Llano.

Observaciones:

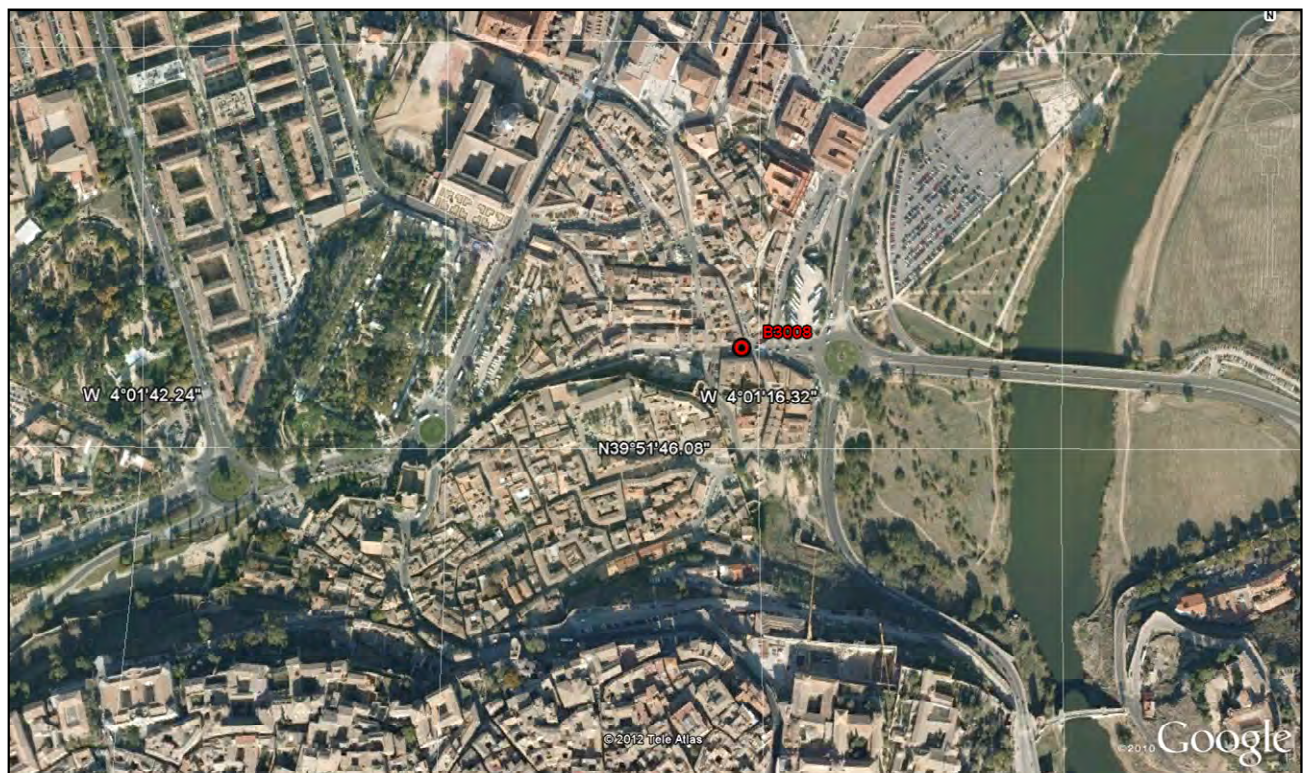
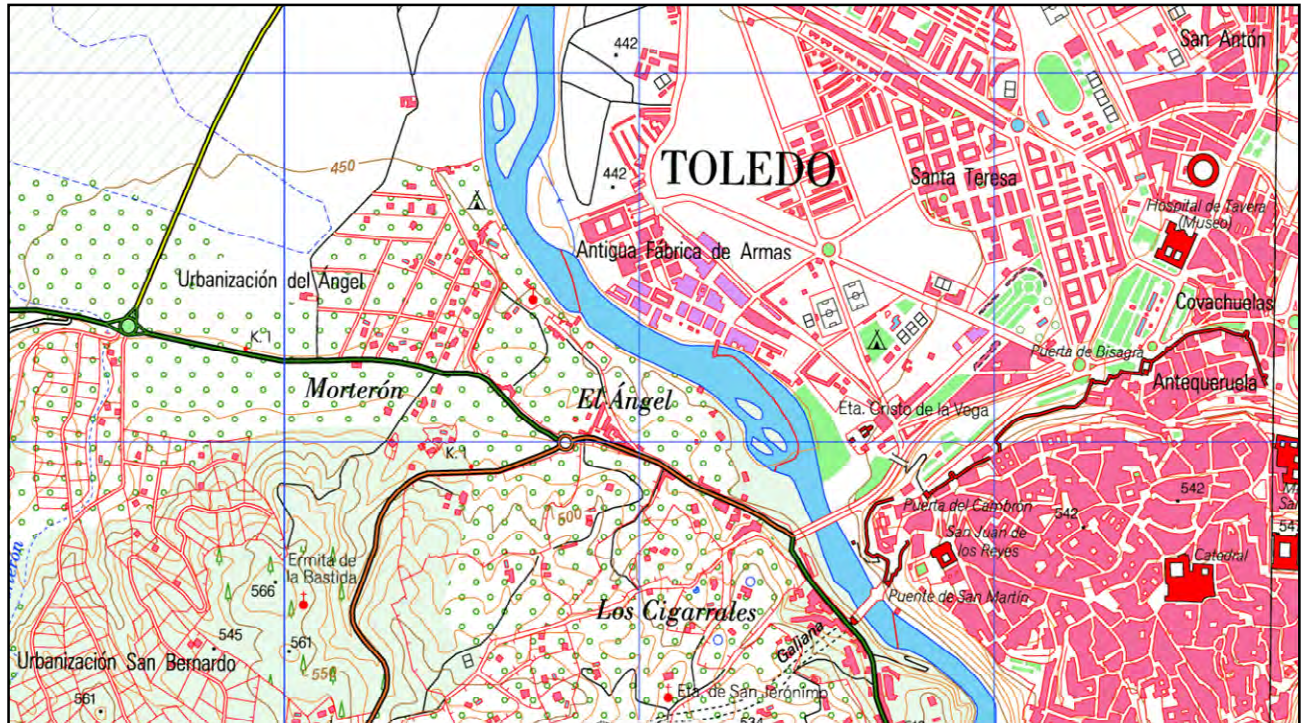
Vértice calculado en Marzo de 2012. Observado también mediante técnicas GPS.





B3008

Escala 1:25000





Reseña Vértice

20-Feb-2012

Nombre: **B3009**
Municipio: Toledo
Provincia: Toledo
Fecha de señalización: 3 de Noviembre de 2011
Tipo de señal: Clavo de acero

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Referencia: ETRS-89
Latitud: $39^{\circ} 51' 48,9731''$
Longitud: $4^{\circ} 01' 20,9228''$
Altitud: 516,492 m.

Coordenadas UTM Huso 30:

Sistema de Referencia: ETRS-89
X: 412547,293 m.
Y: 4413118,924 m.

Altitud sobre el nivel medio del mar: 464,153 m.

Situación:

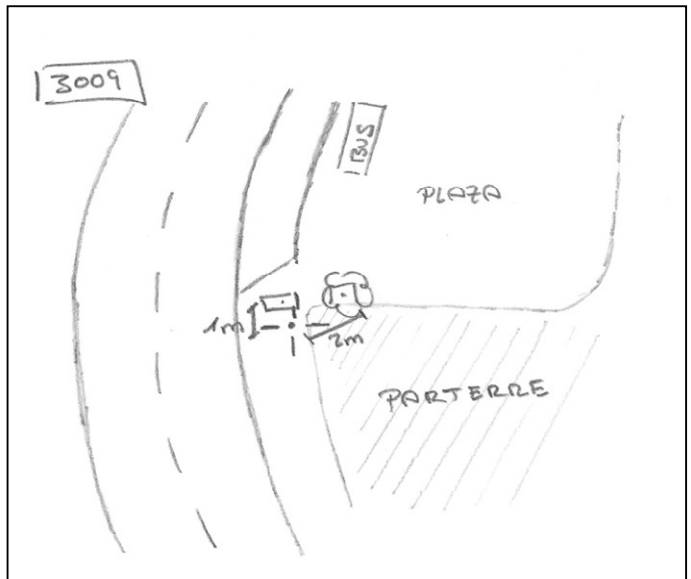
En la acera derecha, junto a la plaza que se abre al lado de una parada de autobuses, el clavo se sitúa a 1 m. de una tapa de registro y a 50 cm. del bordillo interior de la acera, que limita con un parterre al pie de la muralla.

Acceso:

Desde la Puerta Bisagra, se baja por la calle de la Carrera hasta llegar a la altura del desvío a la derecha hacia la Ronda del Granadal. El clavo se encuentra situado a unos 10 m. de la parada de autobuses, en la acera derecha.

Observaciones:

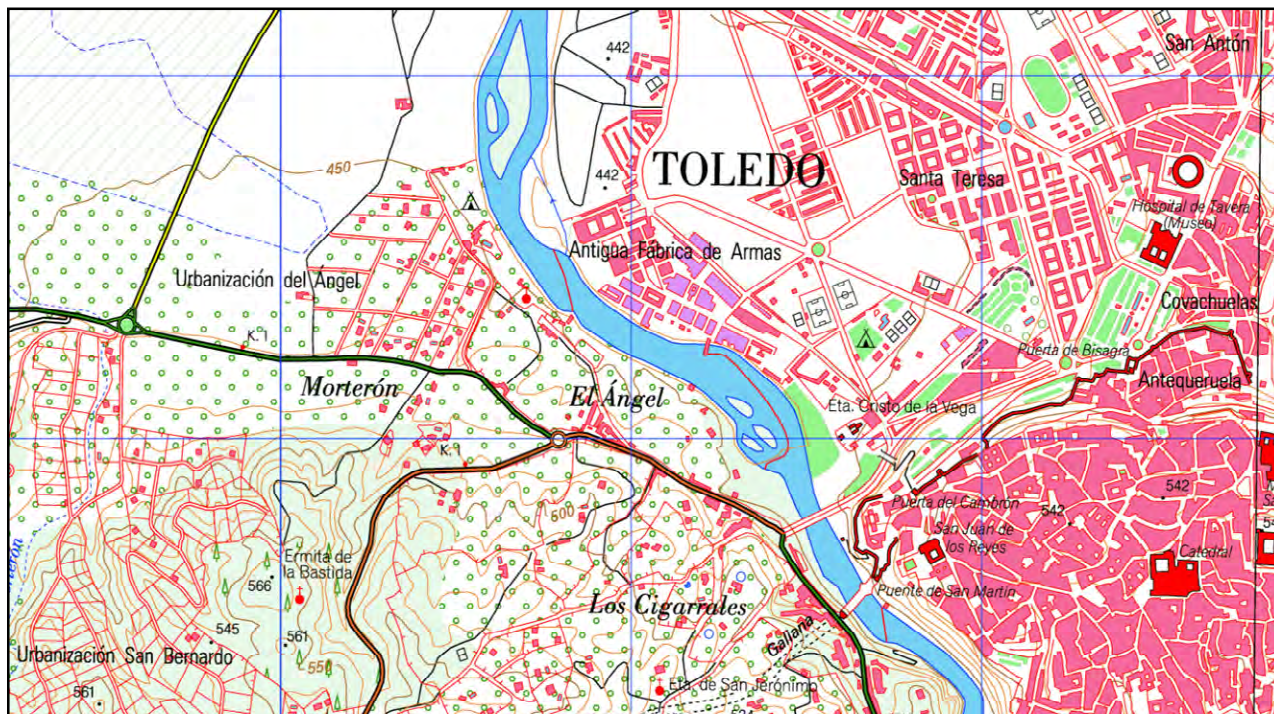
Vértice calculado en Marzo de 2012. Observado también mediante técnicas GPS.





20-Feb-2012

Escala 1:25000





Reseña Vértice

20-Feb-2012

Nombre: **B3010**
Municipio: Toledo
Provincia: Toledo
Fecha de señalización: 3 de Noviembre de 2011
Tipo de señal: Clavo de acero

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Referencia: ETRS-89
Latitud: $39^{\circ} 51' 49,0659''$
Longitud: $4^{\circ} 01' 22,7638''$
Altitud: 520,939 m.

Coordenadas UTM Huso 30:

Sistema de Referencia: ETRS-89
X: 412503,584 m.
Y: 4413122,286 m.

Altitud sobre el nivel medio del mar: 468,315 m.

Situación:

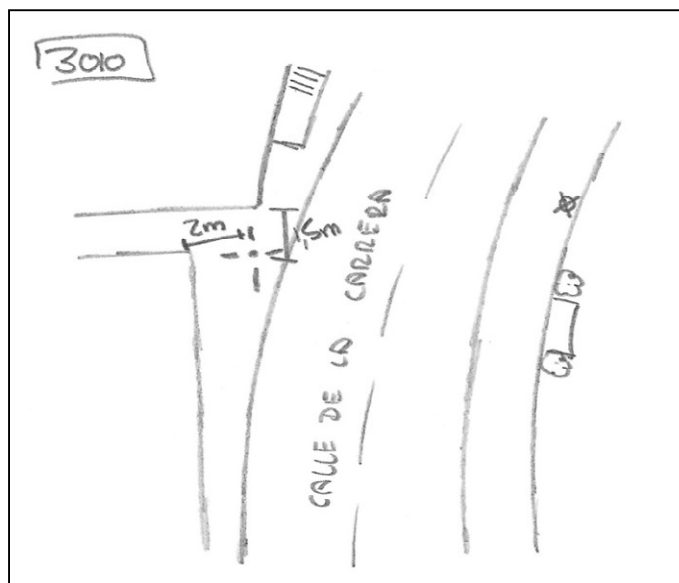
El clavo se encuentra en la acera izquierda, enfrente de la muralla, a 2 m. de la esquina que forma la casa más cercana, a 1 m. de la tapa de un registro y a 1.10 m. del bordillo de la acera que limita con el carril.

Acceso:

Se accede al vértice bajando por la calle de la Carrera desde Puerta Bisagra, en dirección hacia la estación de autobuses. Se avanza unos 25 m. pasando la salida de la calle de la Perala. El clavo se encuentra en la acera izquierda, junto al callejón que forman las dos casas más cercanas.

Observaciones:

Vértice calculado en Marzo de 2012. Observado también mediante técnicas GPS.



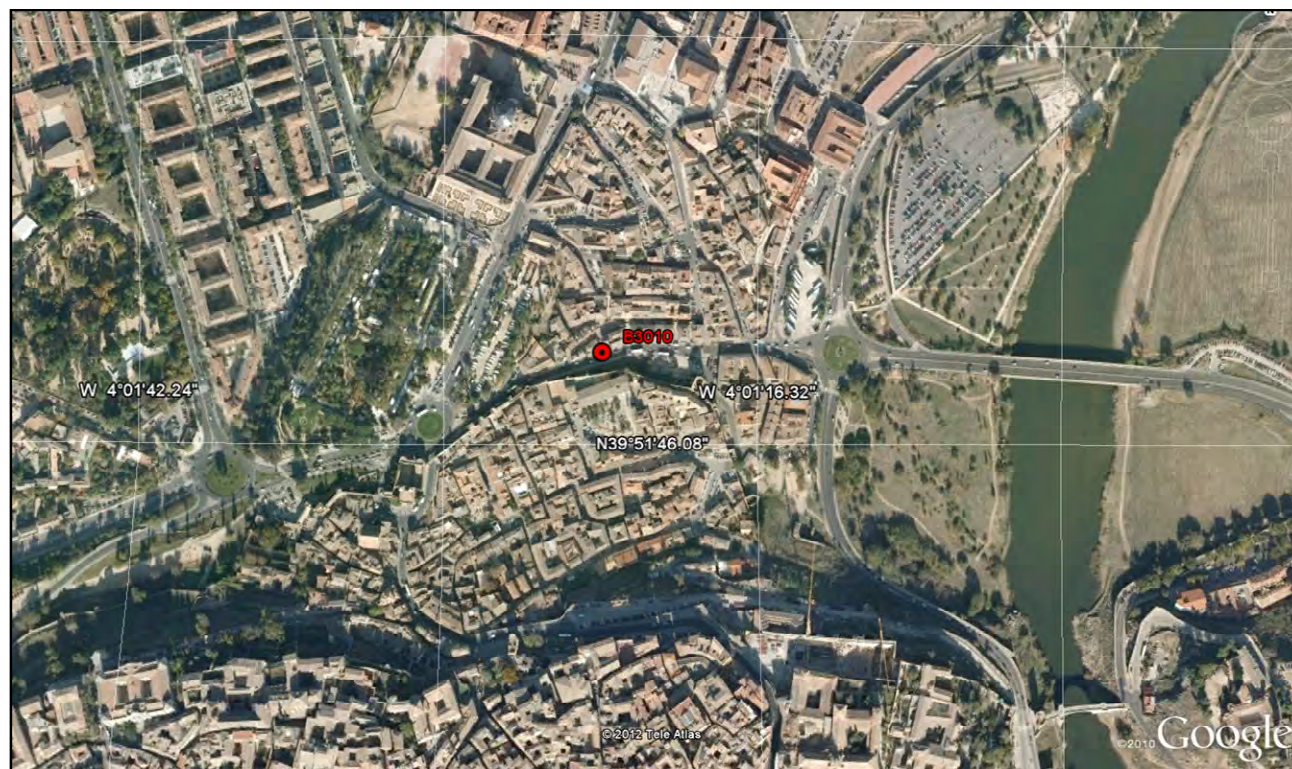
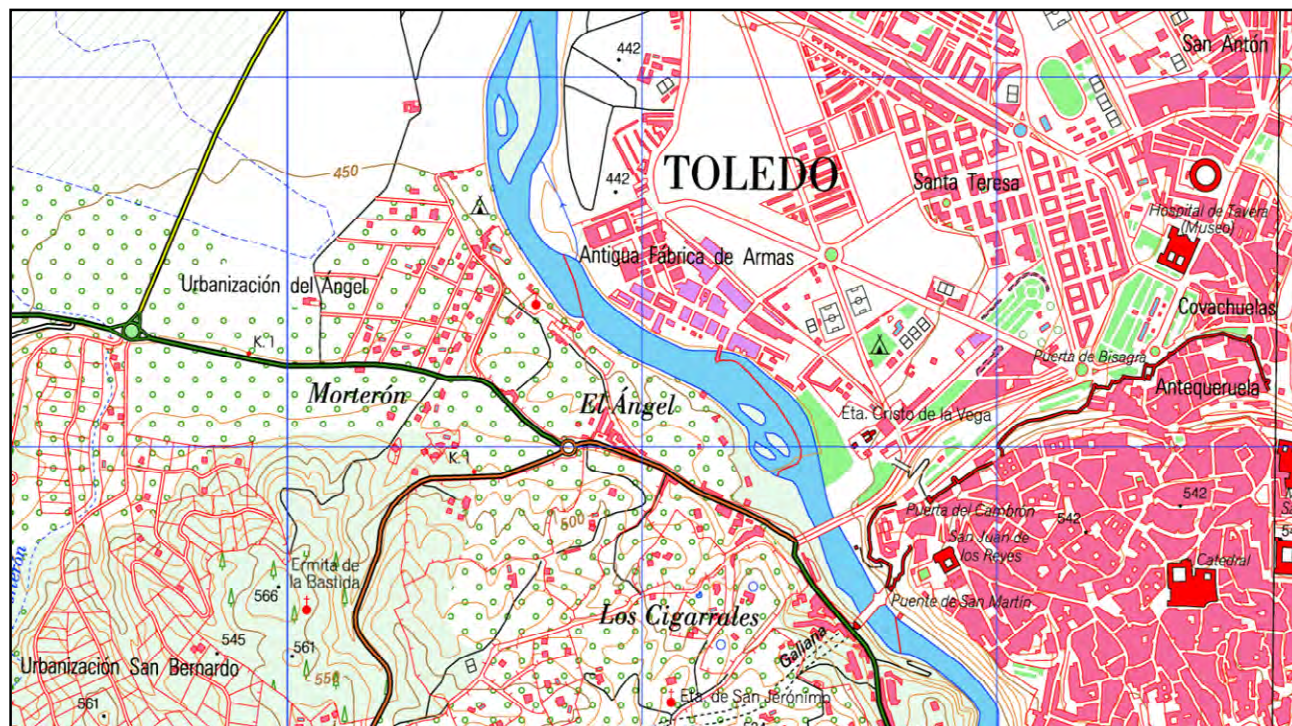


Cartografía de situación

20-Feb-2012

B3010

Escala 1:25000





Reseña Vértice

21-Feb-2012

Nombre: **B3011**
Municipio: **Toledo**
Provincia: **Toledo**
Fecha de señalización: 3 de Noviembre de 2011
Tipo de señal: Clavo de acero

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Referencia: **ETRS-89**
Latitud: **39° 51' 47,8804"**
Longitud: **4° 01' 25,9341"**
Altitud: **532,141 m.**

Coordenadas UTM Huso 30:

Sistema de Referencia: **ETRS-89**
X: **412427,844 m.**
Y: **4413086,597 m.**

Altitud sobre el nivel medio del mar: **479,789 m.**

Situación:

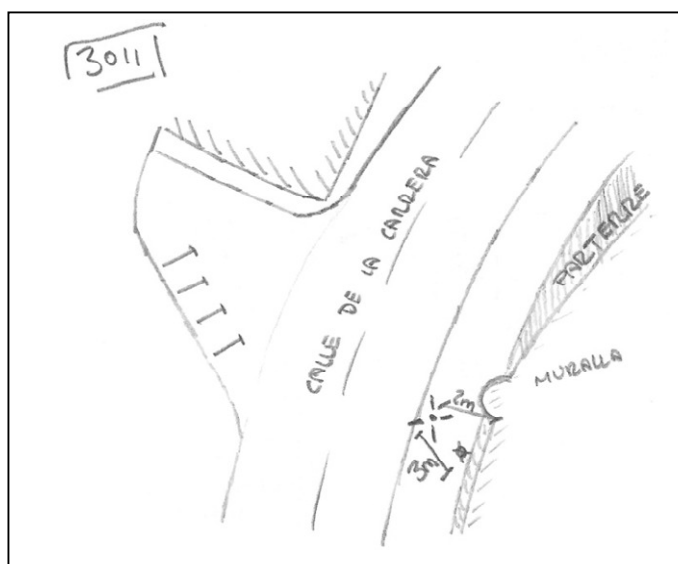
En la acera, a 1.40 m. del muro más cercano de la muralla y a 80 cm. del bordillo exterior de la acera que limita con el carril.

Acceso:

Bajando por la calle de la Carrera desde Puerta Bisagra, en la acera de la muralla, encontramos el clavo enfrente de la entrada que forma un aparcamiento para coches y junto al muro de uno de los torreones de dicha muralla.

Observaciones:

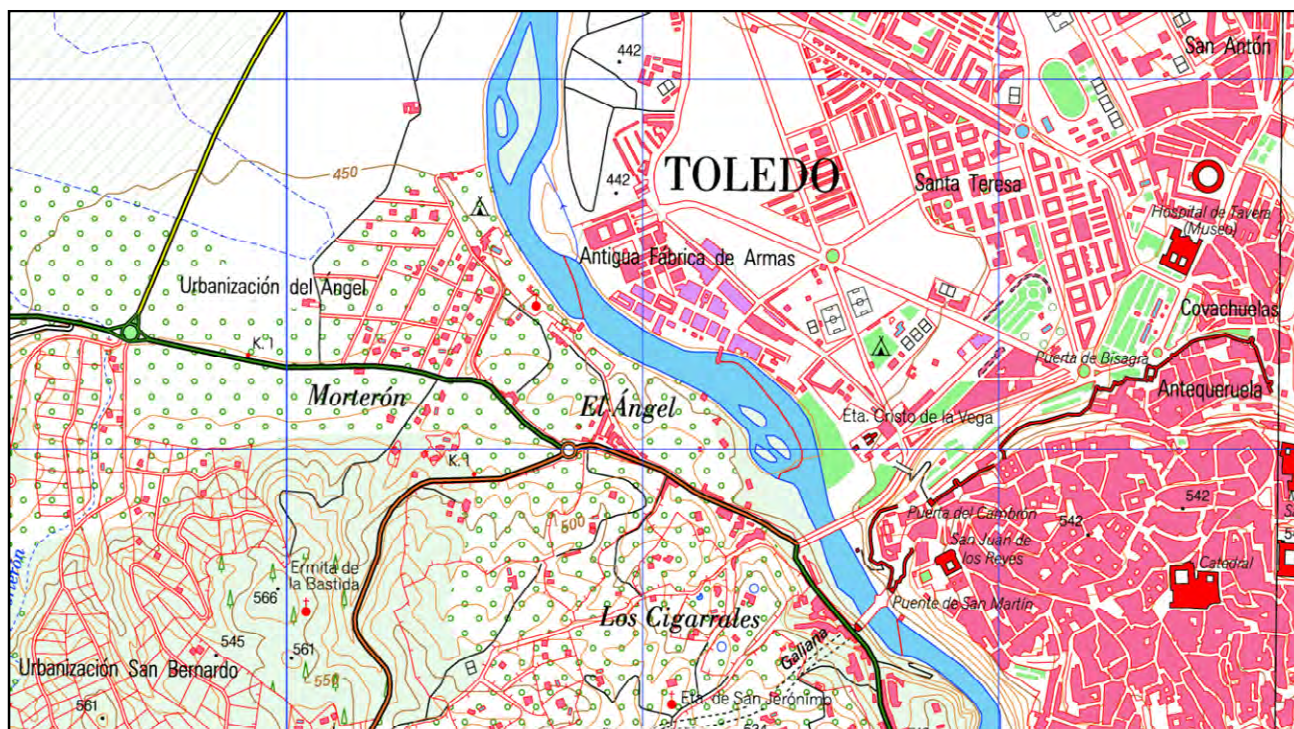
Vértice calculado en Marzo de 2012. Observado también mediante técnicas GPS.





B3011

Escala 1:25000





Reseña Vértice

21-Feb-2012

Nombre: **B3012**
Municipio: **Toledo**
Provincia: **Toledo**
Fecha de señalización: **3 de Noviembre de 2011**
Tipo de señal: **Clavo de acero**

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Referencia: **ETRS-89**
Latitud: **39° 51' 47,2906"**
Longitud: **4° 01' 28,0542"**
Altitud: **540,151 m.**

Coordenadas UTM Huso 30:

Sistema de Referencia: **ETRS-89**
X: **412377,265 m.**
Y: **4413068,991 m.**

Altitud sobre el nivel medio del mar: **487,806 m.**

Situación:

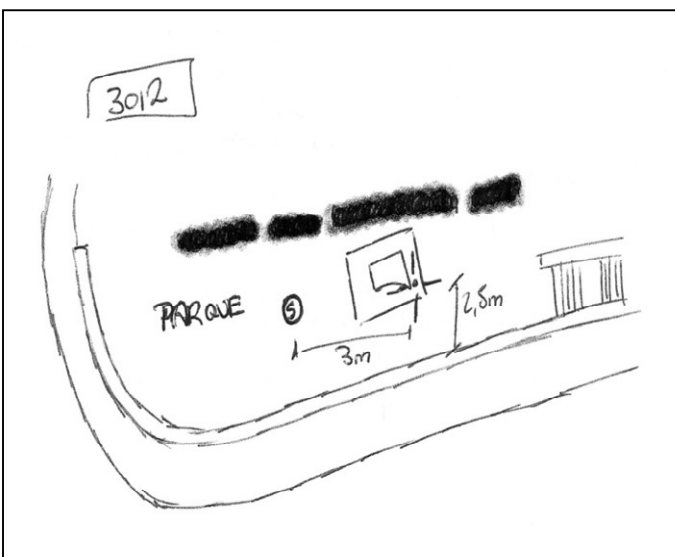
El clavo se encuentra junto a una gran tapa de registro que hay en la arena, en el cerco de hormigón que la rodea, a unos 10 cm. de su esquina y a 2.5 m. del muro que delimita el talud con la acera de la calle de la Carrera.

Acceso:

Enfrente de la Puerta Bisagra se sitúa un parque, limitado a un lado por la calle del Cardenal Tavera y al otro por la calle de la Carrera. Avanzando por esta última hasta el primer paso de peatones, en el talud que forma dicho parque y que se sitúa enfrente de la muralla, se encuentra el clavo.

Observaciones:

Vértice calculado en Marzo de 2012. Observado también mediante técnicas GPS.



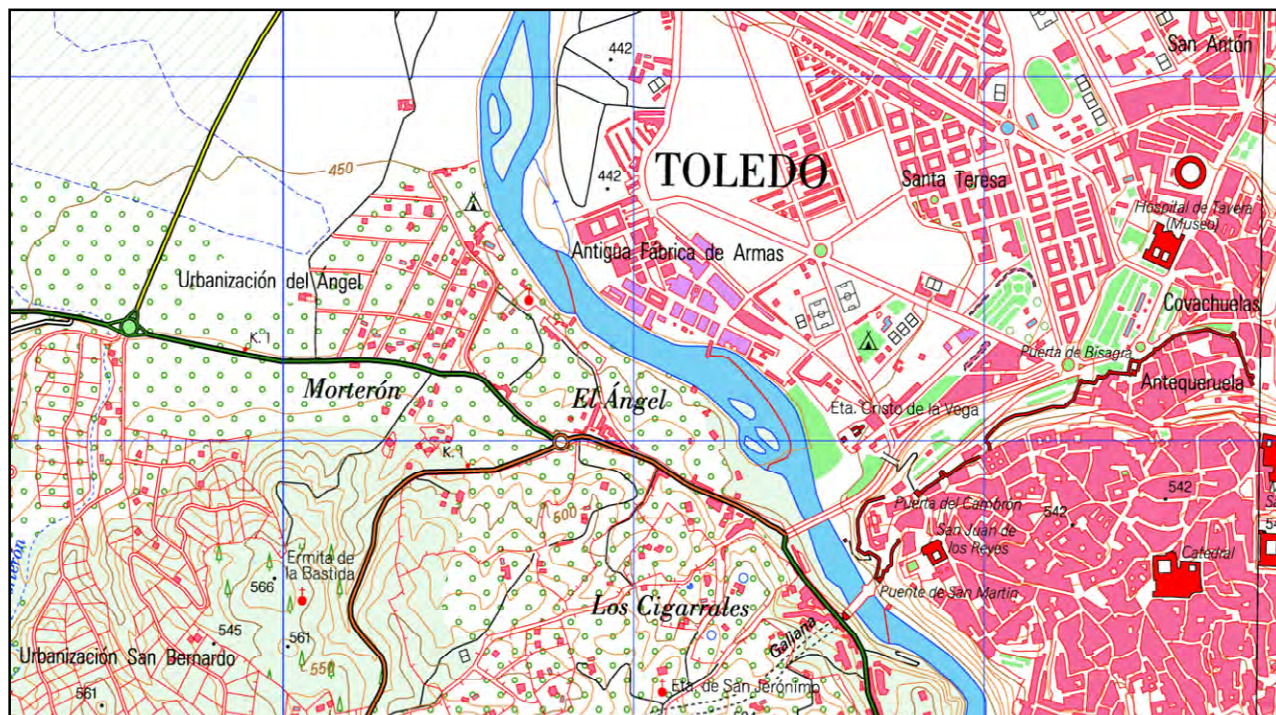


Cartografía de situación

21-Feb-2012

B3012

Escala 1:25000





Reseña Vértice

21-Feb-2012

Nombre: **B3013**
Municipio: Toledo
Provincia: Toledo
Fecha de señalización: 3 de Noviembre de 2011
Tipo de señal: Clavo de acero

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Referencia: ETRS-89
Latitud: $39^{\circ} 51' 45,6570''$
Longitud: $4^{\circ} 01' 30,4851''$
Altitud: 540,374 m.

Coordenadas UTM Huso 30:

Sistema de Referencia: ETRS-89
X: 412318,931 m.
Y: 4413019,287 m.

Altitud sobre el nivel medio del mar: 487,977 m.

Situación:

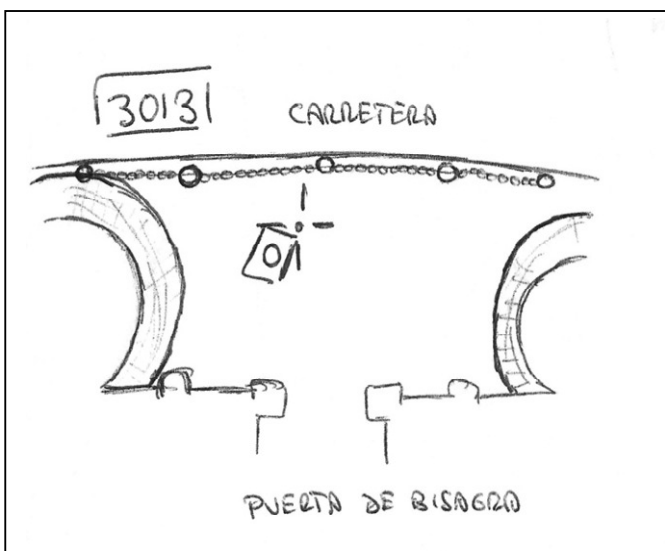
El clavo se sitúa junto a una tapa de registro que se encuentra en la acera, justo en la junta que forma la baldosa que rodea la tapa. El registro lo encontramos enfrente de la entrada a la puerta, a unos 4 m. del límite de la acera con la carretera y a unos 6 m. de la muralla.

Acceso:

Se llega a la Puerta Bisagra accediendo por la calle del Cardenal Tavera, encontrándose el monumento justo enfrente. El clavo está situado en la acera al pie de la puerta.

Observaciones:

Vértice calculado en Marzo de 2012. Observado también mediante técnicas GPS.



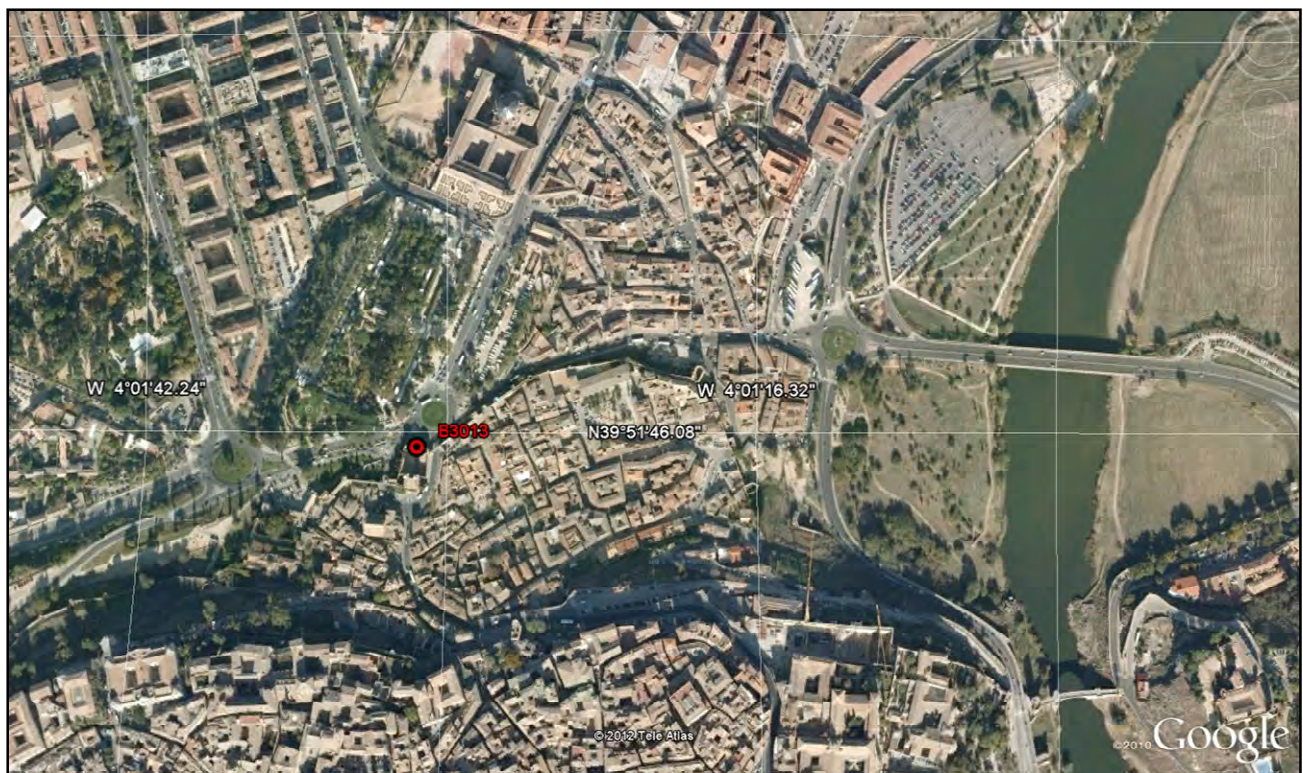
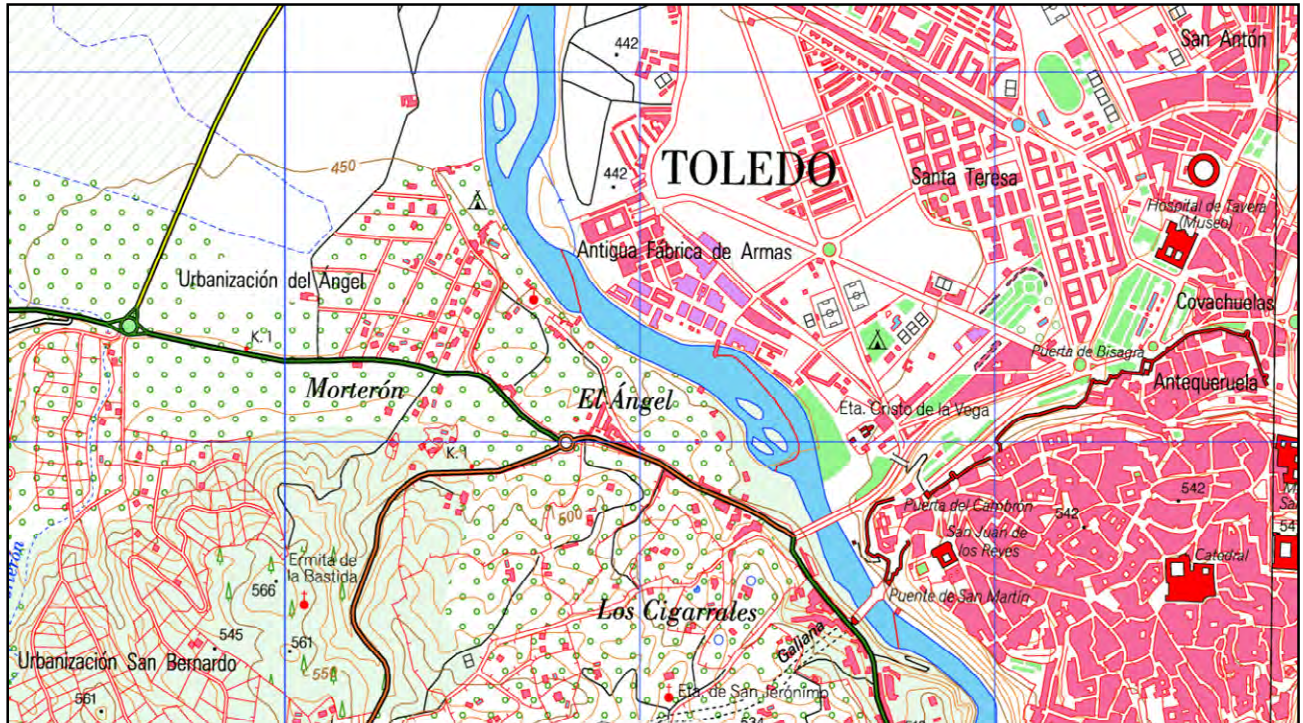


Cartografía de situación

21-Feb-2012

B3013

Escala 1:25000





Reseña Vértice

21-Feb-2012

Nombre: **B3014**
Municipio: **Toledo**
Provincia: **Toledo**
Fecha de señalización: **3 de Noviembre de 2011**
Tipo de señal: **Clavo de acero**

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Referencia: **ETRS-89**
Latitud: **39° 51' 45,0894"**
Longitud: **4° 01' 30,3708"**
Altitud: **540,523 m.**

Coordenadas UTM Huso 30:

Sistema de Referencia: **ETRS-89**
X: **412321,446 m.**
Y: **4413001,756 m.**

Altitud sobre el nivel medio del mar: **488,135 m.**

Situación:

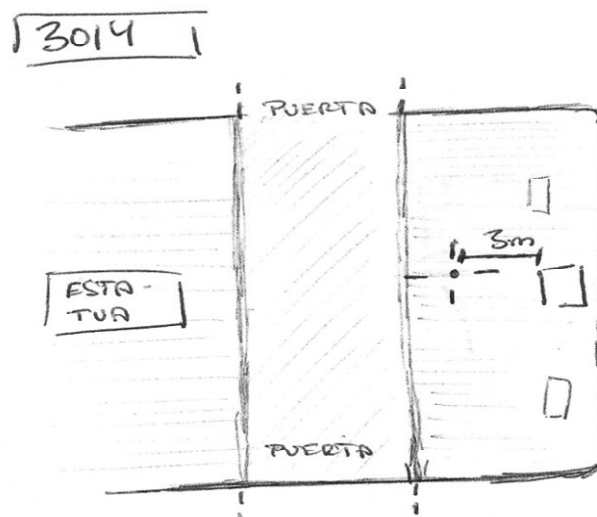
En la plaza situada dentro de la Puerta Bisagra, a su lado izquierdo según se accede por la entrada que da a la calle del Cardenal Tavera y a la calle de la Carrera, encontramos el clavo en la junta que forman los adoquines, a unos 3 m. de un bloque de granito con una placa grabada.

Acceso:

Se llega a la Puerta Bisagra accediendo por la calle del Cardenal Tavera, encontrándose el monumento justo enfrente. El clavo está situado en la plaza que se abre dentro de la propia puerta.

Observaciones:

Vértice calculado en Marzo de 2012. Observado también mediante técnicas GPS.



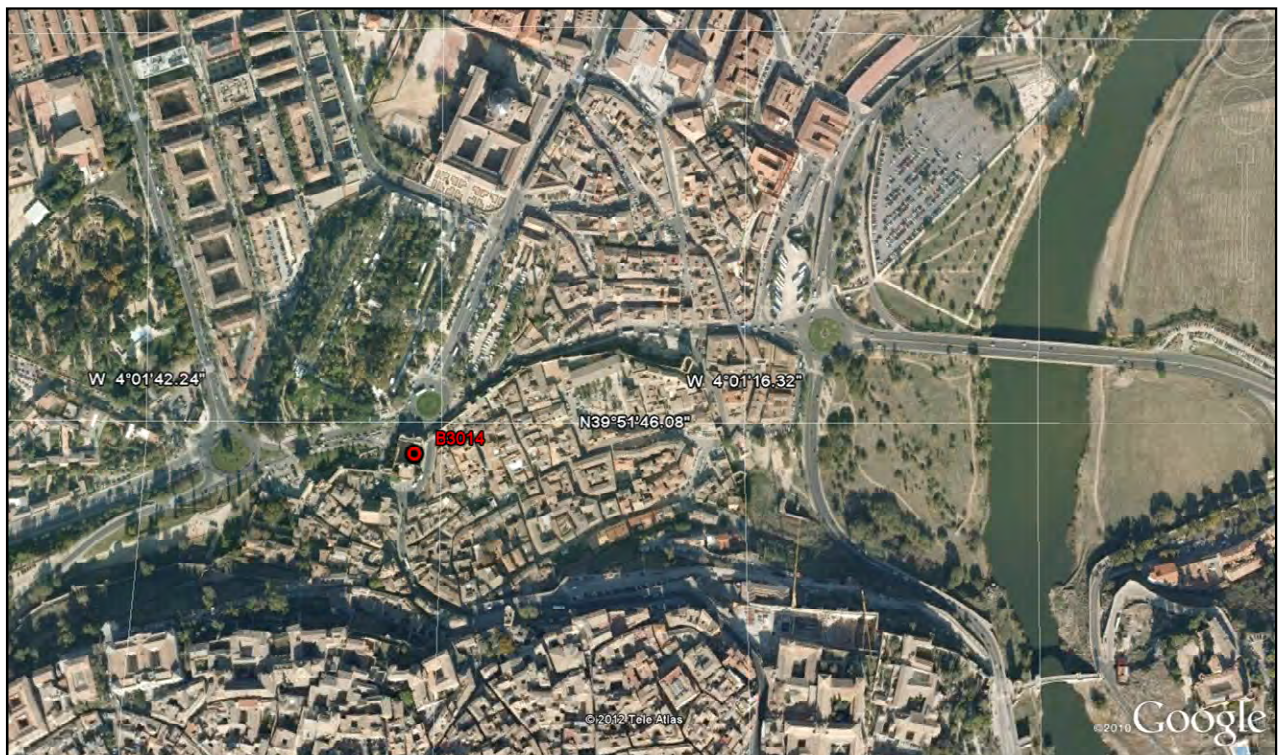
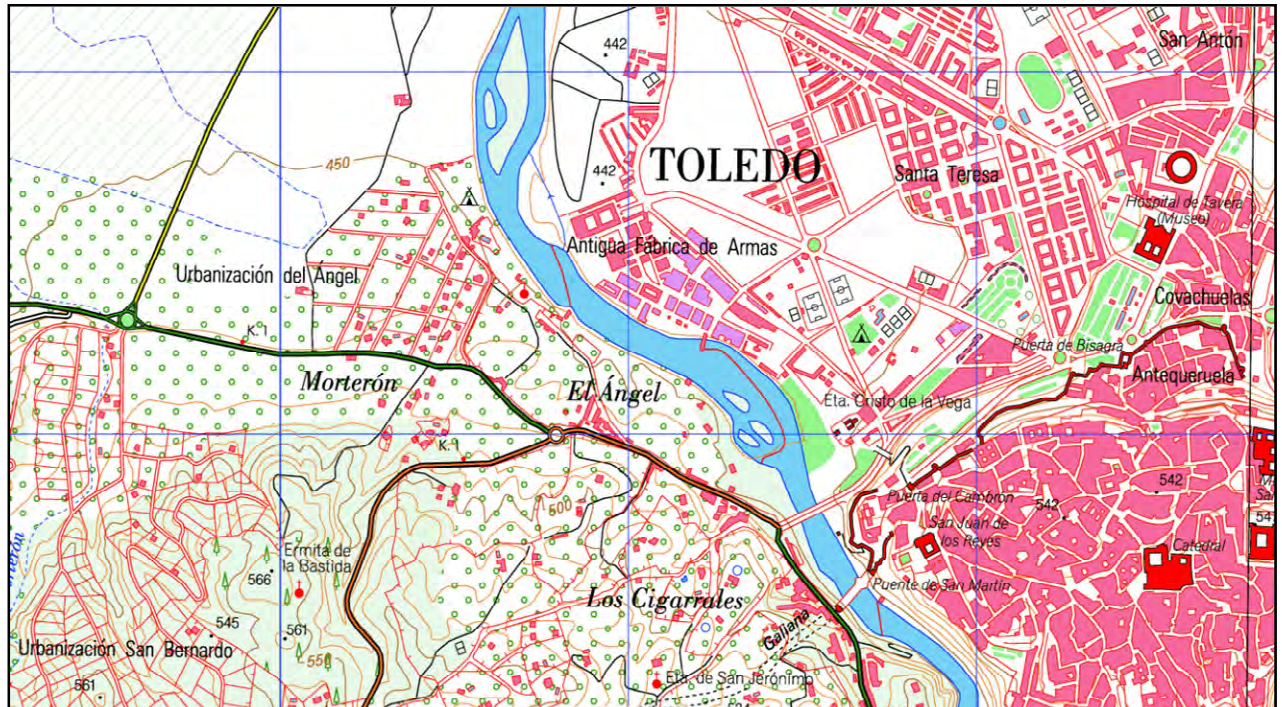


Cartografía de situación

21-Feb-2012

B3014

Escala 1:25000





Reseña Vértice

13-Mar-2012

Nombre: **B3015**
Municipio: **Toledo**
Provincia: **Toledo**
Fecha de señalización: **17 de Febrero de 2012**
Tipo de señal: **Clavo de acero**

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Referencia: **ETRS-89**
Latitud: **39° 51' 43.8672"**
Longitud: **4° 01' 30.7998"**
Altitud: **540,239 m.**

Coordenadas UTM Huso 30:

Sistema de Referencia: **ETRS-89**

X: **412310,820 m.**
Y: **4412964,194 m.**

Altitud sobre el nivel medio del mar: **487,828 m.**

Situación:

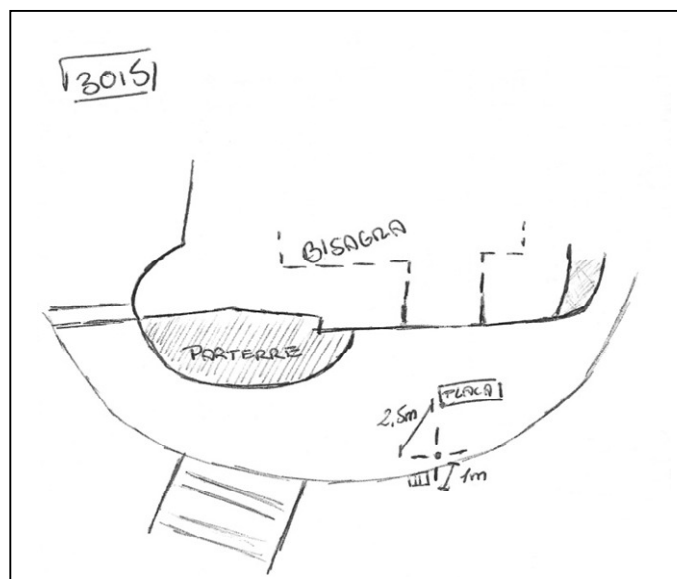
En la acera al pie de la entrada posterior de la Puerta Bisagra, el clavo se sitúa a 7 m. del muro, a 2.5 m. de una placa grabada incrustada en el suelo y a 1 m. de una alcantarilla junto al bordillo de la acera. De dicho bordillo dista unos 60 cm.

Acceso:

Se llega a la Puerta Bisagra accediendo por la calle del Cardenal Tavera, encontrándose el monumento justo enfrente. El vértice se sitúa en la parte posterior de la puerta, a la que se puede acceder por la calle lateral a la muralla. Encontramos el clavo en la acera al pie de la entrada.

Observaciones:

Vértice calculado en Marzo de 2012. Observado también mediante técnicas GPS.



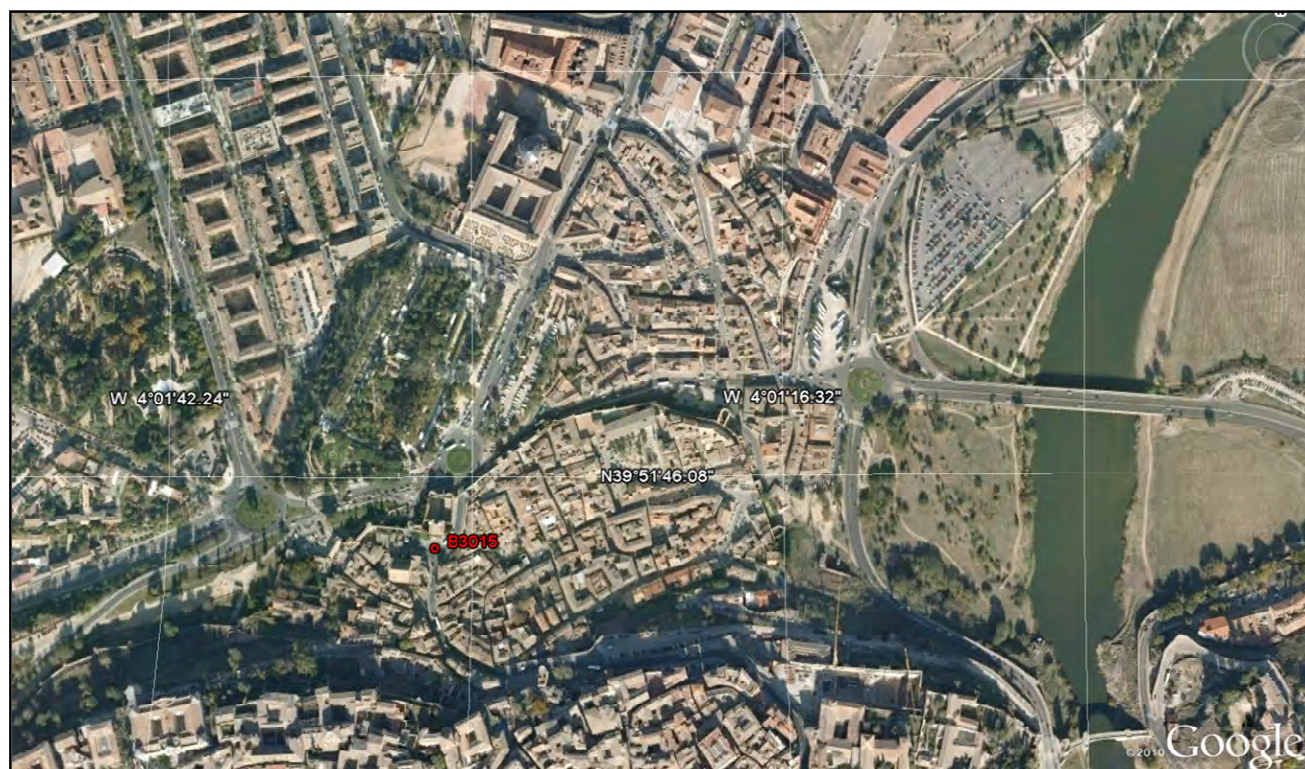
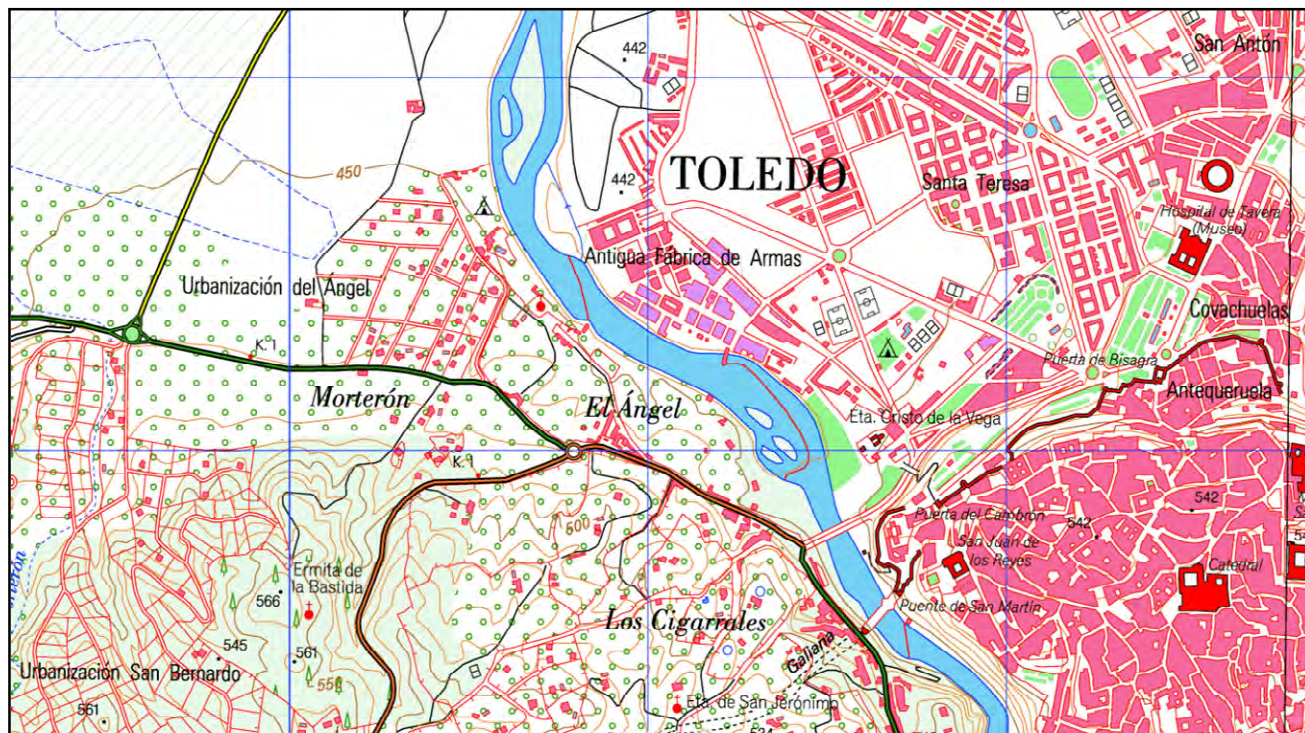


Cartografía de situación

13-Mar-2012

B3015

Escala 1:25000





Reseña Vértice

29-Feb-2012

Nombre: **PP1**
Municipio: Toledo
Provincia: Toledo
Fecha de señalización: 1 de Febrero de 2012
Tipo de señal: Clavo de acero

Coordenadas UTM Huso 30:

Sistema de Referencia: ETRS-89

X: 413526.784 m.
Y: 4412938.807 m.

Altitud sobre el nivel medio del mar: 458.658 m.

Situación:

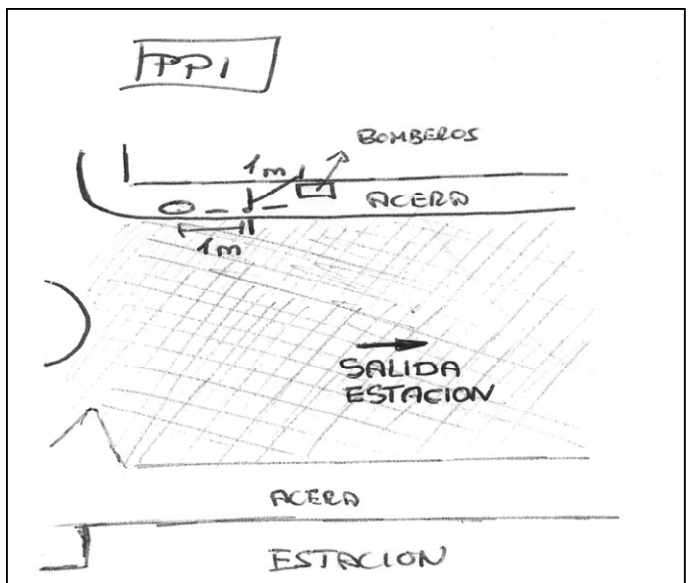
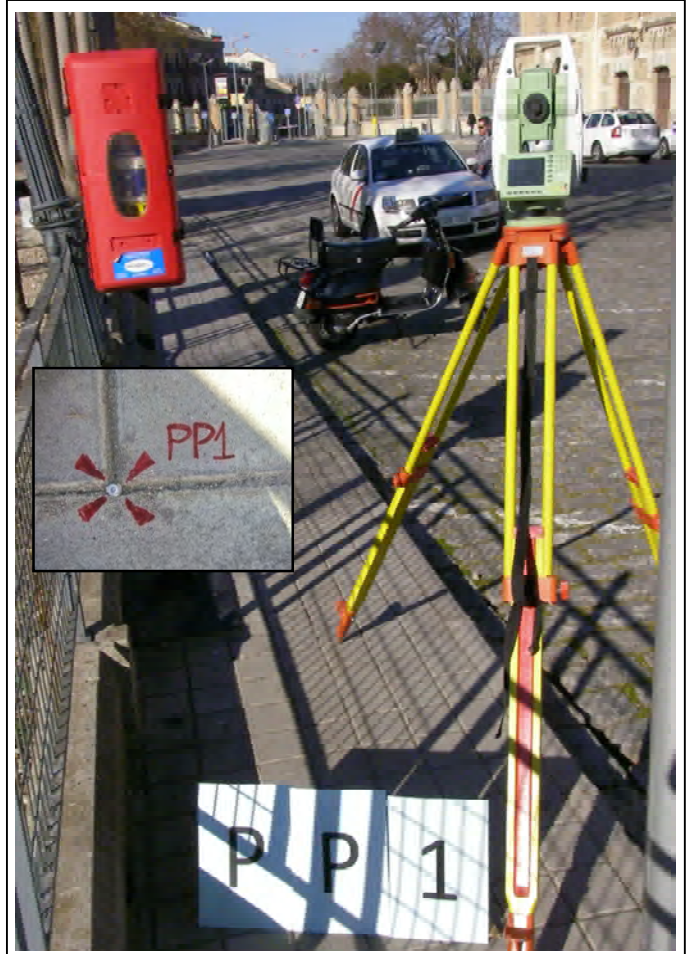
Dentro del aparcamiento de la estación de AVE, en la acera de enfrente a la puerta principal del edificio, a aproximadamente 1 m. de un poste anti-incendios. El clavo está situado a unos 10 cm. Del bordillo exterior.

Acceso:

Desde la puerta de Bisagra, bajando por la Calle de la Carrera, se llega a una rotonda, se sigue recto cruzando el puente de Azarquel y llegando al Paseo de la Rosa. El acceso a la estación de AVE se encuentra girando a la izquierda en la siguiente rotonda, a unos 100 m.

Observaciones:

Vértice calculado en Marzo de 2012.





Reseña Vértice

29-Feb-2012

Nombre: **PP2**
Municipio: **Toledo**
Provincia: **Toledo**
Fecha de señalización: **2 de Febrero de 2012**
Tipo de señal: **Clavo de acero**

Coordenadas UTM Huso 30:

Sistema de Referencia: **ETRS-89**

X: **413326.105 m.**

Y: **4412978.546 m.**

Altitud sobre el nivel medio del mar: **458.799 m.**

Situación:

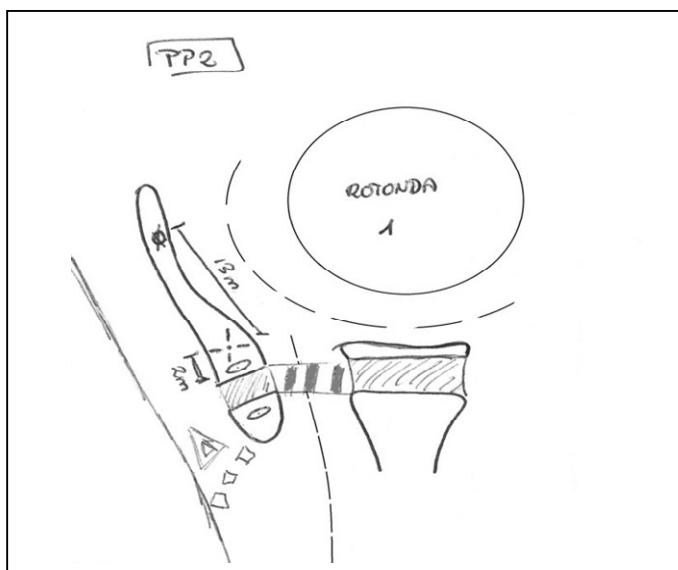
En la isleta situada a la derecha de la primera rotonda en la que comienza el Paseo de la Rosa y junto a la estación de AVE. El clavo está situado en dicha isleta, a unos 2 m. del paso de peatones y a la mitad de distancia entre ambos bordillos.

Acceso:

Desde la puerta de Bisagra, bajando por la Calle de la Carrera, se llega a una rotonda, se sigue recto, cruzando el puente de Azarquiel, y se llega al Paseo de la Rosa. En la primera rotonda, a la derecha, hay una isleta. El clavo se encuentra en esta isleta.

Observaciones:

Vértice calculado en Febrero de 2012.





Reseña Vértice

1-Mar-2012

Nombre: **PP3**
Municipio: **Toledo**
Provincia: **Toledo**
Fecha de señalización: 3 de Febrero de 2012
Tipo de señal: Clavo de acero

Coordenadas UTM Huso 30:

Sistema de Referencia: **ETRS-89**

X: **412725.488 m.**

Y: **4413164.958 m.**

Altitud sobre el nivel medio del mar: **458.058 m.**

Situación:

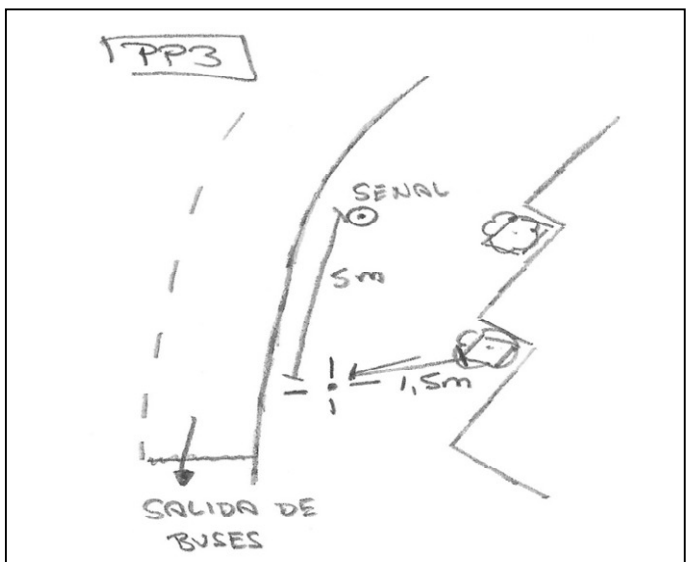
En la acera junto al aparcamiento de autobuses, a unos 6 m. del paso de cebra más cercano, a unos 90 cm. del bordillo exterior y a 1.5 m. del alcorque más cercano.

Acceso:

Desde la puerta de Bisagra, bajando por la Calle de la Carrera, se llega a una primera rotonda. A la izquierda se encuentra la entrada a la estación de autobuses. El clavo está situado en la acera a mano izquierda de la rotonda, enfrente del aparcamiento de autobuses.

Observaciones:

Vértice calculado en Febrero de 2012.





Reseña Vértice

1-Mar-2012

Nombre: **PP4**
Municipio: Toledo
Provincia: Toledo
Fecha de señalización: 4 de Febrero de 2012
Tipo de señal: Clavo de acero

Coordenadas UTM Huso 30:

Sistema de Referencia: ETRS-89

X: 412601.306 m.

Y: 4413113.732 m.

Altitud sobre el nivel medio del mar: 461.422 m.

Situación:

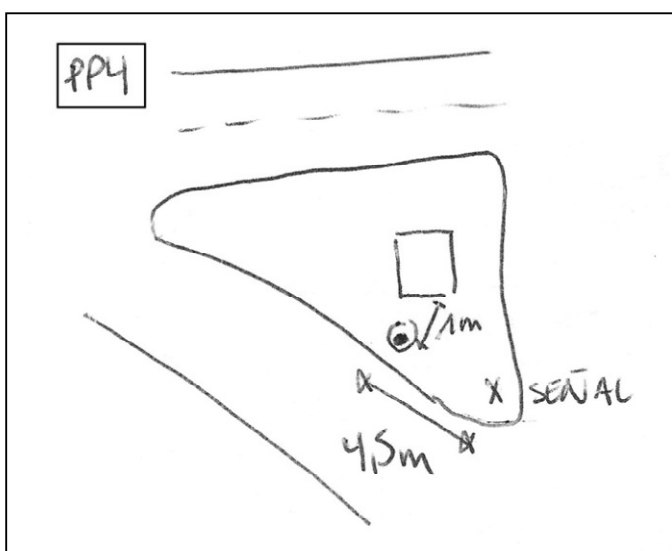
En la isleta triangular situada enfrente del restaurante El Peñón, a aproximadamente 1 m. de distancia de un alcorque, a 90 cm. del bordillo exterior de la isleta y a 4.5 m. de una señal de tráfico.

Acceso:

Desde la puerta de Bisagra, bajando por la Calle de la Carrera, antes de llegar a la primera rotonda hay a la derecha el acceso y salida a una calle, separados por una isleta situada enfrente del restaurante El Peñón. El clavo se encuentra en dicha isleta.

Observaciones:

Vértice calculado en Febrero de 2012.





Reseña Vértice

1-Mar-2012

Nombre: **PP5**
Municipio: **Toledo**
Provincia: **Toledo**
Fecha de señalización: 9 de Febrero de 2012
Tipo de señal: Clavo de acero

Coordenadas UTM Huso 30:

Sistema de Referencia: **ETRS-89**

X: **412451.472 m.**

Y: **4413103.601 m.**

Altitud sobre el nivel medio del mar: **475.941 m.**

Situación:

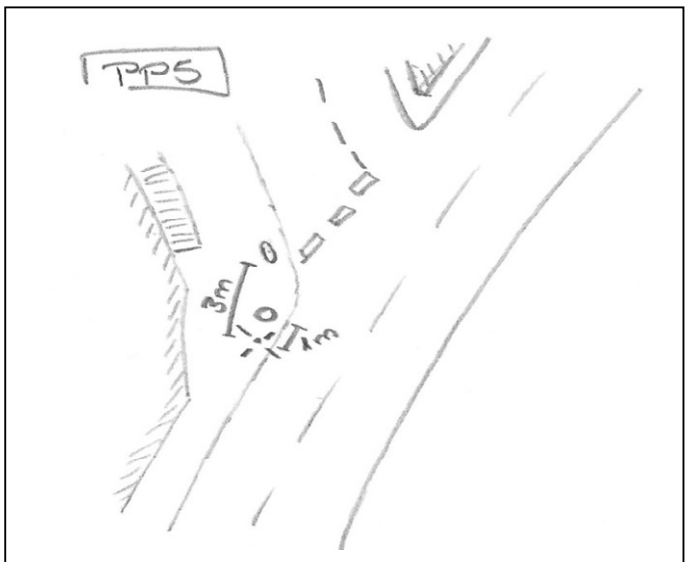
En la esquina de la acera que hace la Calle de la Peralá con la Calle de la Carrera, enfrente de la muralla. El clavo se encuentra a unos 3 m. de una señal de tráfico y a unos 80 cm. del bordillo exterior de la acera.

Acceso:

Desde la puerta de Bisagra, bajando por la Calle de la Carrera, a la altura de la salida a mano izquierda de la Calle de la Peralá. El clavo se encuentra en la acera de enfrente de la muralla.

Observaciones:

Vértice calculado en Febrero de 2012.





Reseña Vértice

1-Mar-2012

Nombre: **PP6**
Municipio: Toledo
Provincia: Toledo
Fecha de señalización: 17 de Febrero de 2012
Tipo de señal: Clavo de acero

Coordenadas UTM Huso 30:

Sistema de Referencia: ETRS-89

X: 412337.673 m.
Y: 4412983.091 m.

Altitud sobre el nivel medio del mar: 487.974 m.

Situación:

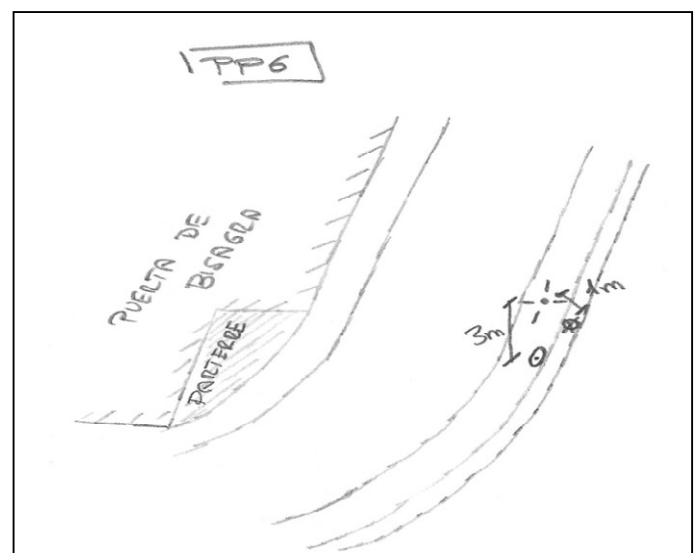
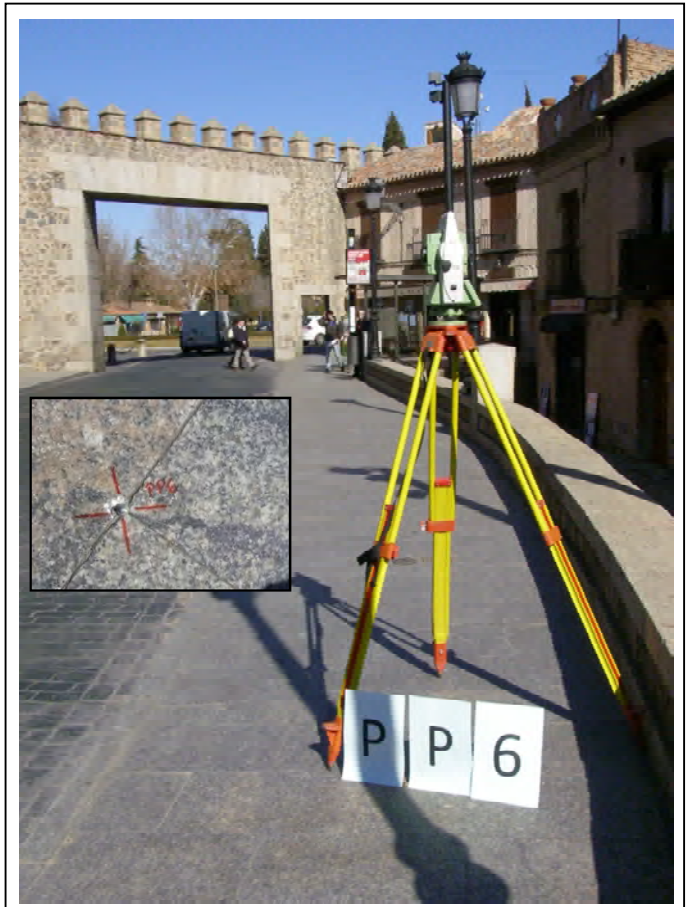
En la acera de enfrente al lateral de la Puerta de Bisagra, el clavo se encuentra a 1 m. de una farola, a 3 m. de una señal informativa y a 1.5 m del bordillo exterior.

Acceso:

Llegando a la Puerta de Bisagra por la Calle del Cardenal Tavera, se accede por su lateral derecho a la parte trasera de la misma, cruzando la muralla. En la acera de enfrente al lateral izquierdo de la puerta, a unos 30m., se encuentra el clavo.

Observaciones:

Vértice calculado en Marzo de 2012.





Reseña Vértice

1-Mar-2012

Nombre: **PP7**
Municipio: **Toledo**
Provincia: **Toledo**
Fecha de señalización: **17 de Febrero de 2012**
Tipo de señal: **Clavo de acero**

Coordenadas UTM Huso 30:

Sistema de Referencia: **ETRS-89**

X: **412293.092 m.**

Y: **4413014.808 m.**

Altitud sobre el nivel medio del mar: **487.019 m.**

Situación:

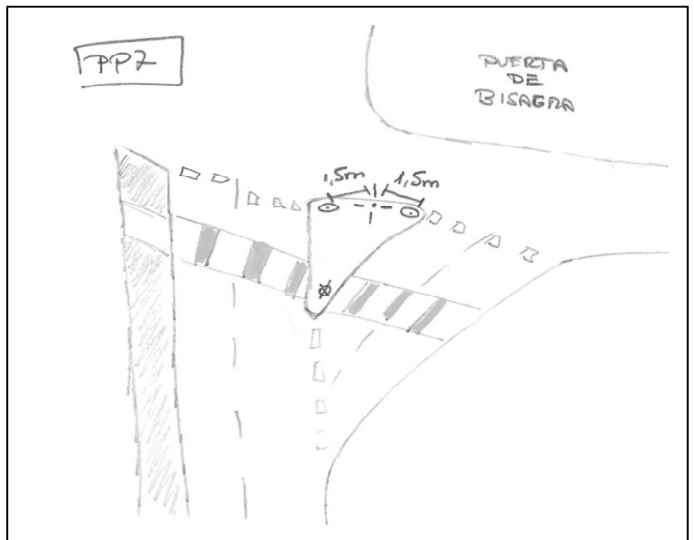
En la isleta del lateral derecho de la Puerta Bisagra, en el bordillo que delimita la calzada y más cercano a la muralla. El clavo se encuentra a unos 40 cm. del poste de una farola y a 1.5 m. de sendas señales de tráfico a ambos lados.

Acceso:

Llegando a la Puerta de Bisagra por la Calle del Cardenal Tavera, hay a mano derecha una isleta que distribuye los dos carriles de la Calle de Alfonso VI, junto a la rotonda. En dicha isleta se encuentra el clavo.

Observaciones:

Vértice calculado en Marzo de 2012.





Reseña Vértice

16-Feb-2012

Nombre: **PR6001**
Municipio: Toledo
Provincia: Toledo
Fecha de señalización: 3 de Noviembre de 2011
Tipo de señal: Clavo de acero

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Referencia: ETRS-89
Latitud: 39° 51' 44.4291"
Longitud: 4° 00' 33.6648"
Altitud: 510,853 m.

Coordenadas UTM Huso 30:

Sistema de Referencia: ETRS-89
X: 413668,505 m.
Y: 4412966,066 m.

Situación:

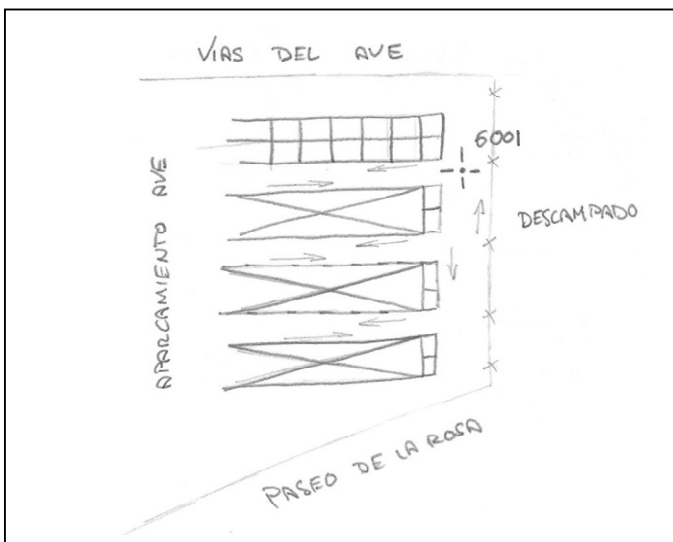
Al final del aparcamiento de la estación de AVE, en la última calle perpendicular a las vías del tren. El punto se encuentra en el aglomerado, señalizado mediante un clavo de acero "geopunto".

Acceso:

Desde la Puerta Bisagra, bajando la Calle de la Carrera se llega a una primera rotonda, se continúa recto cruzando el puente de Azarquiel y se llega a otra rotonda, donde comienza el Paseo de la Rosa. El acceso a la estación de AVE se realiza girando a la izquierda en la siguiente rotonda, a unos 100 m.

Observaciones:

Observado mediante técnicas GPS.



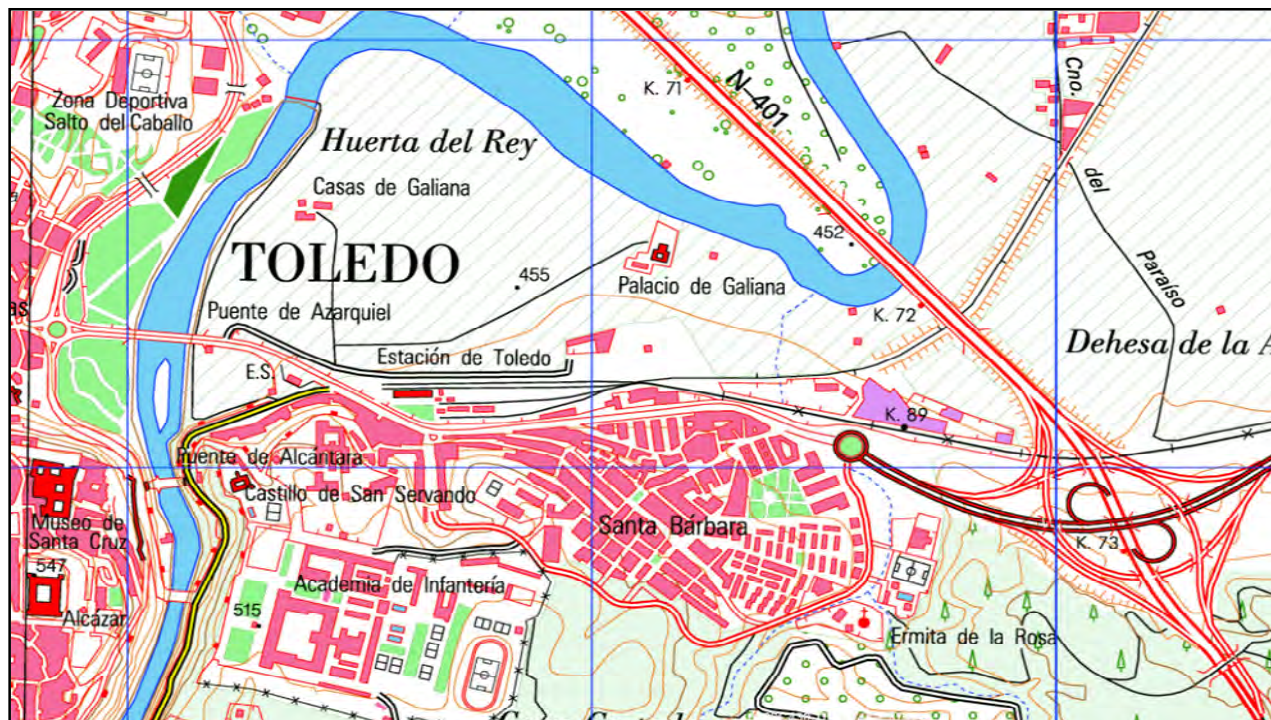


Cartografía de situación

16-Feb-2012

PR6001

Escala 1:25000





Reseña Vértice

16-Feb-2012

Nombre: **PR6002**
Municipio: Toledo
Provincia: Toledo
Fecha de señalización: 3 de Noviembre de 2011
Tipo de señal: Clavo de acero

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Referencia: ETRS-89
Latitud: 39° 51' 43.7565"
Longitud: 4° 00' 33.5488"
Altitud: 510,597 m.

Coordenadas UTM Huso 30:

Sistema de Referencia: ETRS-89
X: 413671,027 m.
Y: 4412945,298 m.

Situación:

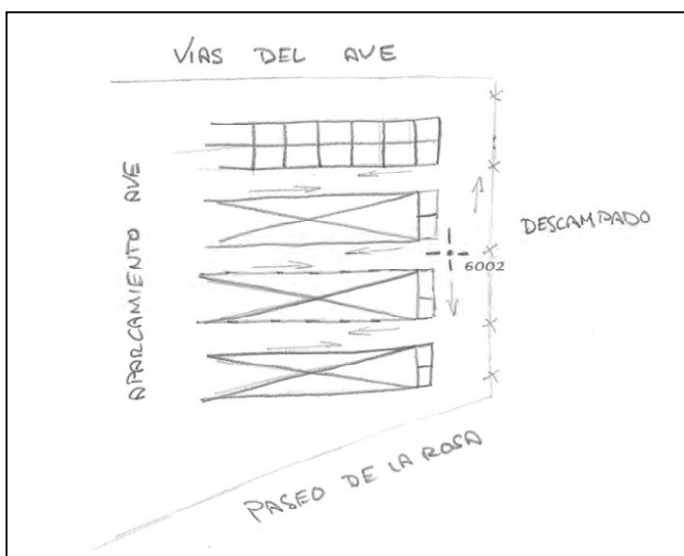
Al final del aparcamiento de la estación de AVE, en la última calle perpendicular a las vías del tren. El punto se encuentra en el aglomerado, y está señalizado con un clavo de acero "geopunto". Cerca del punto 6001, junto a una alcantarilla.

Acceso:

Desde la Puerta Bisagra, bajando la Calle de la Carrera se llega a una primera rotonda, se continúa recto cruzando el puente de Azarquiel y se llega a otra rotonda, donde comienza el Paseo de la Rosa. El acceso a la estación de AVE se realiza girando a la izquierda en la siguiente rotonda, a unos 100 m.

Observaciones:

Observado mediante técnicas GPS.



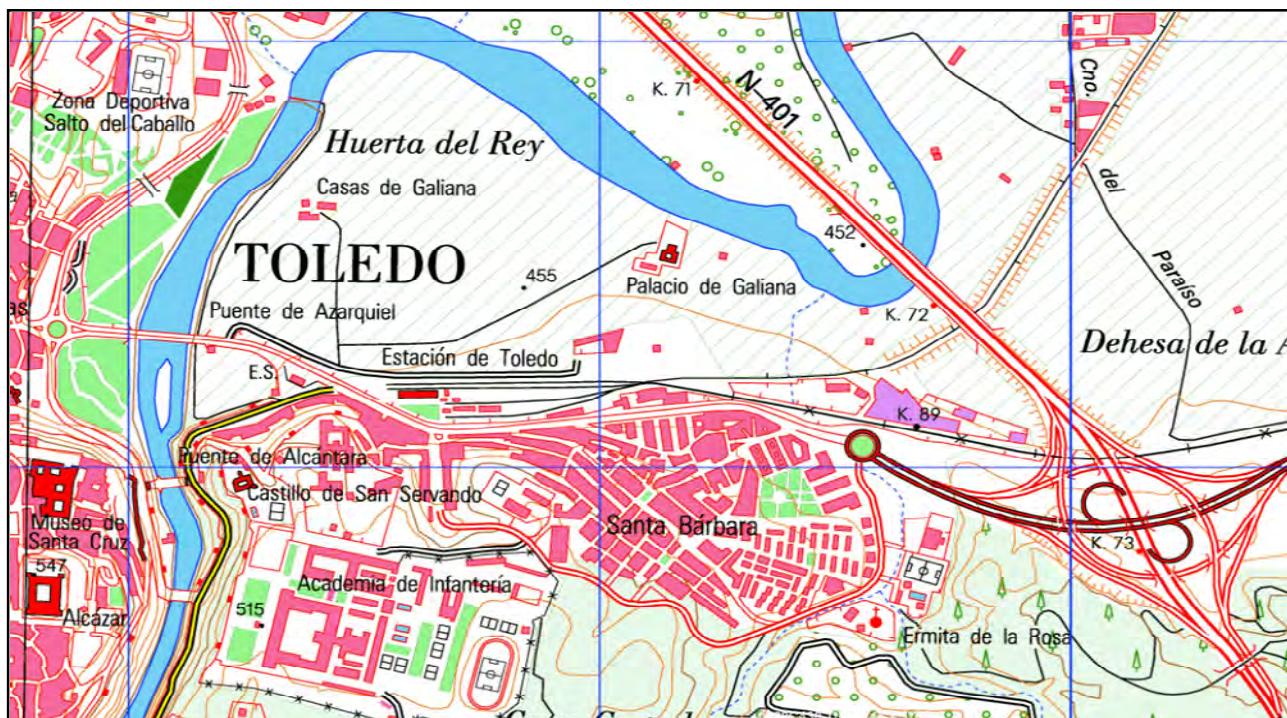


Cartografía de situación

16-Feb-2012

PR6002

Escala 1:25000





Reseña Vértice

16-Feb-2012

Nombre: **PR6003**
Municipio: **Toledo**
Provincia: **Toledo**
Fecha de señalización: **3 de Noviembre de 2011**
Tipo de señal: **Clavo de acero**

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Referencia: **ETRS-89**
Latitud: **39° 51' 44.3560"**
Longitud: **4° 01' 32.1315"**
Altitud: **540,541 m.**

Coordenadas UTM Huso 30:

Sistema de Referencia: **ETRS-89**
X: **412279,353 m.**
Y: **4412979,625 m.**

Situación:

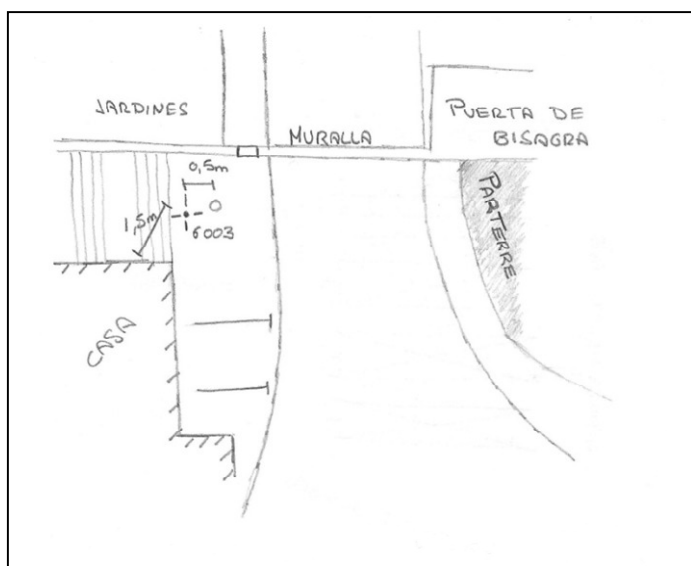
A mano derecha de la puerta de Bisagra, si la observamos desde la calle de la Carrera. Según pasamos por la puerta del lateral derecho del monumento, junto a unos postes que impiden el aparcamiento de los coches. Punto señalado con un clavo de acero "geopunto".

Acceso:

Llegando a la Puerta de Bisagra por la Calle del Cardenal Tavera, se accede por su lateral derecho a la parte trasera de la misma, cruzando la muralla. En esa misma acera del lateral derecho se encuentra el clavo.

Observaciones:

Observado mediante técnicas GPS.



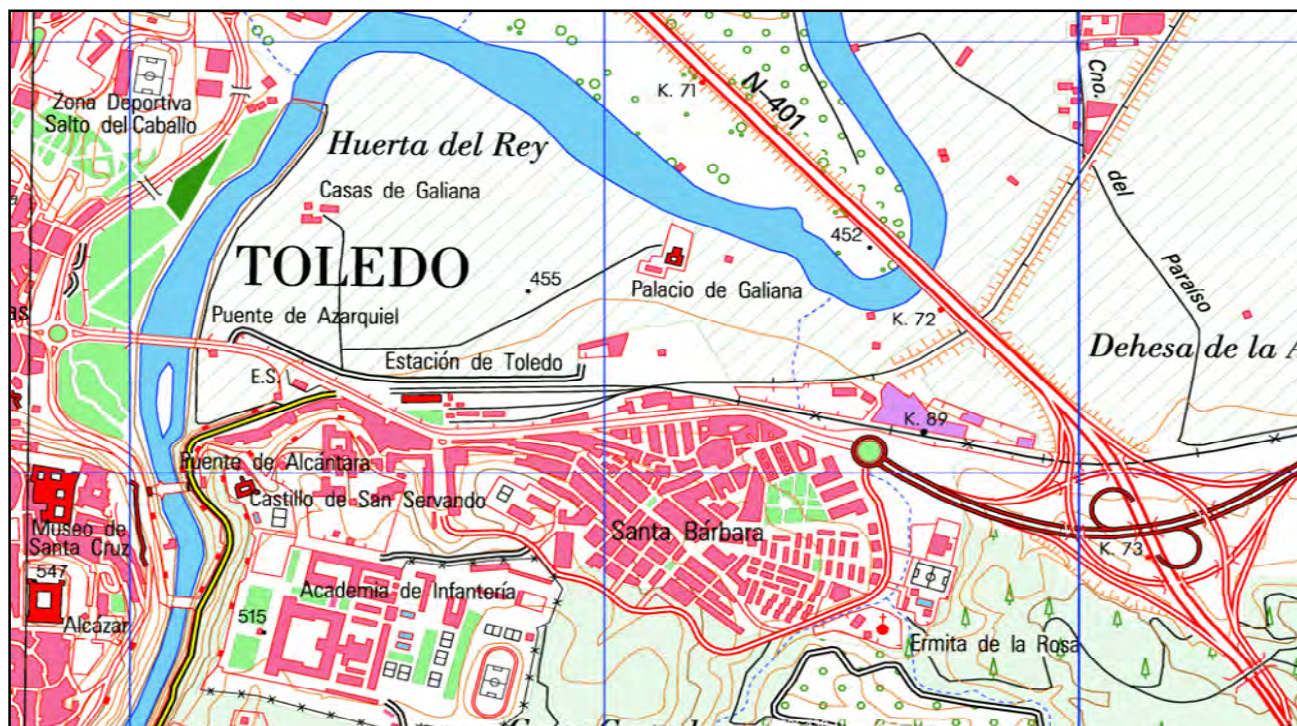


Cartografía de situación

16-Feb-2012

PR6003

Escala 1:25000



Reseña de Señal de Nivelación

1-dic-2012

Situación Geográfica:

Número: 312061
Nombre: SSPB
Línea o Ramal: 312. Maqueda - Sonseca

Municipio: Toledo
Provincia: Toledo
Hoja MTN50: 629
Señal: Principal **En posición:** Vertical
Señalizada: 20 de junio de 2003
Nivelada: 01 de febrero de 2004

Datos Geodésicos:

Altitud ortométrica: 487,6038 m.
Geopotencial: 477,86168 u.g.p.
Gravedad en superficie: 979999,77 mgals. *Observada*
Cálculo: 01 de mayo de 2008

Coordenadas Geográficas ETRS89:

Longitud: - 4° 01' 32,1"
Latitud: 39° 51' 44,4"
Altitud elipsoidal:
Precisión: Coordenadas orientativas

Reseña:

Clavo metálico semiesférico incrustado sobre losa de granito al pie de la muralla, a la izquierda saliendo por el lateral de la Puerta de Bisagra.

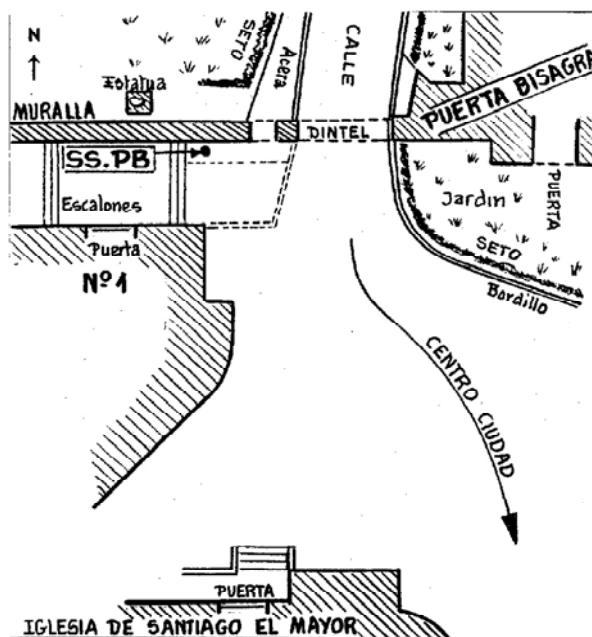
Observaciones:

Es la antigua señal SSPB, situada en la línea Orgaz-Toledo-Torrejón de la Calzada (folio 100) señalizada en Julio de 1.982.

Informe del estado de la Señal en: <http://ftp.geodesia.ign.es/utilidades/InfoRN.pdf>

Enlaces:

Anterior: 312060 - NGP39
Posterior: 312062 - NGP33
Agrupada con:



➤ 9.3 COORDENADAS AJUSTADAS DE LAS BASES → GEOFFICE

LEICA GEOFFICE						
COORDENADAS AJUSTADAS DE LAS BASES						
BASE	TIPO	FECHA / HORA	X UTM (m)	Y UTM (m)	h(m)	PRECISIÓN (m)
Aranjuez	Control	11/12/2011 10:59	447734,3861	4430743,6219	580,9090	0.0000
Azarquiel	Control	11/12/2011 10:59	412491,7890	4413985,5313	560,9430	0.0000
Illescas	Control	11/12/2011 10:59	429094,7278	4441977,9189	645,5000	0.0000
Sonseca	Control	03/14/2012 14:59:46	417326,7690	4392169,4071	808,9675	0.0000
San Martín	Control	03/14/2012 13:59:46	383135,2337	4468433,1829	670,8070	0.0000
B3001	Ajustado	03/28/2012 18:19:20	413443,8093	4412946,5357	511,4417	0.0440
B3002	Ajustado	03/28/2012 18:19:20	413384,4355	4412948,9874	511,5659	0.0543
B3003	Ajustado	03/28/2012 18:19:20	413292,1404	4413026,6382	510,3251	0.0073
B3004	Ajustado	03/28/2012 18:19:20	413154,1158	4413067,6328	510,6888	0.0175
B3005	Ajustado	03/28/2012 18:19:20	413012,6551	4413105,4266	511,4707	0.0200
B3006	Ajustado	03/28/2012 18:19:20	412816,3858	4413102,2960	511,2310	0.0231
B3007	Ajustado	03/28/2012 18:19:20	412711,7993	4413118,1511	511,1779	0.0253
B3008	Ajustado	03/28/2012 18:19:20	412640,8508	4413130,5947	512,4931	0.0878
B3009	Ajustado	03/28/2012 18:19:20	412547,2702	4413118,8222	516,5018	0.0331
B3010	Ajustado	03/28/2012 18:19:20	412503,5737	4413122,2460	520,9340	0.0325
B3011	Ajustado	03/28/2012 18:19:20	412427,8379	4413086,5706	532,1401	0.0622
B3012	Ajustado	03/28/2012 18:19:20	412377,2619	4413068,9613	540,1545	0.0337
B3013	Ajustado	03/28/2012 18:19:20	412318,9308	4413019,2648	540,3982	0.1497
B3014	Ajustado	03/28/2012 18:19:20	412321,4459	4413001,7250	540,5300	0.0839
B3015	Ajustado	03/28/2012 17:51:21	412310,8149	4412964,1981	540,2292	0.0236
6001	Ajustado	03/28/2012 17:51:21	413668,5022	4412966,0684	510,8547	0.0201
6002	Ajustado	03/28/2012 17:51:21	413671,0250	4412945,2920	510,6185	0.0266
6003	Ajustado	03/28/2012 17:51:07	412279,3028	4412979,6462	540,3745	0.0822

➤ 9.4 COORDENADAS CALCULADAS DE LAS BASES → TOPCAL

Poligonal						
Proyecto : Poligonal_SL			Fecha de cálculo : 19/04/2012 10:31			
Sistema de referencia : UTM-30						
Proyección : UTM - 30N			Elipsoide : GRS 1980			
Unidad lineal : metros			Unidad angular : centesimal			
Ficheros utilizados						
Puntos			Visuales			
Puntos_SL.pts			Visuales_SL.obs			
Visuales utilizadas						
Estación	Visado	Horizontal	Vertical	Dist. Geom.	Mira	Inst
3001	3002	200.9805	99.9268	59.459	1.516	1.604
3002	3001	373.3796	100.2191	59.457	1.516	1.590
3002	3003	215.2858	100.9234	120.671	1.300	1.820
3003	3002	37.3810	99.6830	120.658	1.300	1.939
3003	3004	211.2302	100.6482	144.055	0.100	1.939
3004	3003	398.9864	100.6206	144.054	0.700	1.738
3004	3005	197.2244	100.1117	146.470	0.700	1.738
3005	3004	398.0754	101.0564	146.493	0.100	1.754
3005	3006	180.4471	100.6131	196.381	0.100	1.754
3006	3005	174.5023	99.9728	196.372	1.516	1.679
3006	3007	385.0989	101.0110	105.834	0.100	1.727
3007	3006	180.3358	100.9419	105.832	0.100	1.731
3007	3008	381.8208	100.2413	72.071	0.100	1.731
3008	3007	388.8054	102.5959	72.130	0.100	1.691
3008	3009	169.7471	98.3953	94.365	0.100	1.691
3009	3008	209.6219	103.7477	94.499	0.100	1.697
3009	3010	22.5652	95.8459	43.946	0.100	1.697
3010	3009	388.3202	108.7029	44.266	0.100	1.678
3010	3011	155.3066	92.7314	84.308	0.100	1.668
3011	3010	5.1217	109.5906	84.716	0.100	1.649
3011	3012	211.8892	89.5557	54.313	2.485	1.628
3012	3011	9.8564	111.1339	54.408	0.400	1.855
3012	3013	186.2289	101.3137	76.654	0.100	1.855
3013	3012	30.6268	101.4239	76.657	0.100	1.648
3013	3014	166.4674	104.9850	17.778	0.100	1.648
3014	3013	1.3712	106.2496	17.810	0.100	1.696
3014	3015	228.0030	103.0843	39.099	0.100	1.696
3015	3014	216.8734	102.0477	39.071	0.100	1.663

Comparación de distancias y desniveles				
Eje	Error dist.	Tolerancia	Error desn.	Tolerancia
3001 - 3002	0.002	0.034	0.026	0.010
3002 - 3003	0.002	0.030	0.012	0.010
3003 - 3004	0.000	0.007	0.009	0.011
3004 - 3005	0.004	0.017	0.007	0.011
3005 - 3006	0.000	0.007	0.015	0.011
3006 - 3007	0.000	0.007	0.013	0.010
3007 - 3008	0.001	0.007	0.009	0.010
3008 - 3009	0.001	0.007	0.008	0.010
3009 - 3010	0.000	0.007	0.008	0.010
3010 - 3011	0.002	0.007	0.009	0.010
3011 - 3012	0.006	0.056	0.002	0.014
3012 - 3013	0.001	0.007	0.008	0.010
3013 - 3014	0.001	0.007	0.008	0.010
3014 - 3015	0.002	0.007	0.009	0.010
Datos calculados				
Estación	Visado	Acimut	Dist.Red.	Desnivel
3001	3002	302.6236	59.437	0.157
3002	3001	102.6236	59.434	-0.130
3002	3003	344.5305	120.613	-1.229
3003	3002	144.5305	120.611	1.241
3003	3004	318.3803	143.993	0.374
3004	3003	118.3803	143.993	-0.365
3004	3005	316.6189	146.414	0.782
3005	3004	116.6189	146.418	-0.775
3005	3006	298.9912	196.298	-0.235
3006	3005	98.9912	196.298	0.250
3006	3007	309.5884	105.780	-0.053
3007	3006	109.5884	105.780	0.066
3007	3008	311.0741	72.043	1.358
3008	3007	111.0741	72.042	-1.349
3008	3009	292.0164	94.300	3.970
3009	3008	92.0164	94.299	-3.962
3009	3010	304.9604	43.836	4.463
3010	3009	104.9604	43.836	-4.454
3010	3011	271.9474	83.727	11.173
3011	3010	71.9474	83.725	-11.165
3011	3012	278.7155	53.563	8.014
3012	3011	78.7155	53.558	-8.012
3012	3013	255.0886	76.609	0.174
3013	3012	55.0886	76.608	-0.166
3013	3014	190.9298	17.717	0.157
3014	3013	390.9298	17.718	-0.150

3014	3015	217.5623	39.038	-0.297
3015	3014	17.5623	39.036	0.307

Resumen				
	Longitud de la poligonal	1253.362 m		
	Número de ejes	14		
	Error de cierre angular	0.0094 gon		
	Error de cierre en X	0.005 m		
	Error de cierre en Y	-0.038 m		
	Error total en XY	0.038 m		
	Error de cierre en Z	0.012 m		
	Error relativo en planimetría	1 / 32911		
	Tolerancia angular	0.0251 gon		
	Tolerancia en XY	0.081 m		
	Tolerancia en Z	0.020 m		

Coordenadas finales					
Número	X	Y	Z	Desor	Nombre
3001	413443.809	4412946.536	459.080	101.6425	
3002	413384.424	4412948.983	459.224	129.2441	
3003	413292.136	4413026.632	457.990	107.1494	
3004	413154.103	4413067.626	458.361	119.3939	
3005	413012.648	4413105.410	459.141	118.5435	
3006	412816.376	4413102.294	458.902	324.4889	
3007	412711.794	4413118.163	458.844	329.2526	
3008	412640.838	4413130.629	460.198	122.2687	
3009	412547.280	4413118.832	464.165	282.3945	
3010	412503.577	4413122.243	468.623	116.6402	
3011	412427.849	4413086.529	479.793	66.8257	
3012	412377.254	4413068.951	487.806	68.8591	
3013	412318.932	4413019.277	487.976	24.4618	
3014	412321.448	4413001.739	488.130	389.5586	
3015	412310.815	4412964.177	487.828	200.6889	

Fichero de salida :	Coordenadas_bases.pts	Incluido
----------------------------	-----------------------	----------

➤ 9.5 DATOS DE LA GEOMETRÍA DE LA VÍA → CLIP

▪ 9.5.1 Datos de planta

	Tipo	Radio	Retranq.	L Ent.	L Sal.	Punto 1	Punto 2
1	Fijo	Infinito				413.522,004	413.486,129
						4.412.944,345	4.412.943,325
2	Móvil	40,000		0,000	0,000		
3	Fijo	Infinito				413.465,381	413.453,860
						4.412.944,676	4.412.950,437
4	Móvil	-40,000		0,000	0,000		
5	Fijo	Infinito				413.450,271	413.430,582
						4.412.951,981	4.412.951,847
6	Móvil	100,000		0,000	0,000		
7	Fijo	Infinito				413.395,817	413.214,682
						4.412.956,542	4.413.052,509
8	Móvil	-330,000		0,000	0,000		
9	Fijo	Infinito				413.107,231	412.807,191
						4.413.086,251	4.413.112,137
10	Móvil	-150,000		0,000	0,000		
11	Fijo	Infinito				412.653,526	412.576,595
						4.413.123,212	4.413.121,302
12	Móvil	200,000		0,000	0,000		
13	Fijo	Infinito				412.565,656	412.548,958
						4.413.121,738	4.413.122,759
14	Móvil	-110,000		0,000	0,000		
15	Fijo	Infinito				412.512,134	412.435,133
						4.413.116,706	4.413.091,621
16	Móvil	-120,000		0,000	0,000		
17	Fijo	Infinito				412.411,433	412.377,160
						4.413.079,733	4.413.055,669
18	Móvil	-150,000		0,000	0,000		
19	Fijo	Infinito				412.365,201	412.337,930
						4.413.046,553	4.413.021,907

	Estación Ini.	Desp. Ini.	Estación Fin.	Desp. fin.
1	0+000,000	0,000	1+243,619	0,000
2	0+000,000	-0,717	0+720,000	-0,717
3	0+000,000	0,717	0+720,000	0,717
4	0+720,000	-0,717	0+730,000	-0,865
5	0+720,000	0,717	0+730,000	0,569
6	0+730,000	-0,865	0+740,000	-1,308
7	0+730,000	0,569	0+740,000	0,126
8	0+730,000	-0,569	0+740,000	-0,126
9	0+730,000	0,865	0+740,000	1,308
10	0+740,000	-1,308	0+750,000	-2,047
11	0+740,000	0,126	0+750,000	-0,613
12	0+740,000	-0,126	0+750,000	0,613
13	0+740,000	1,308	0+750,000	2,047
14	0+750,000	-2,047	0+770,000	-4,119
15	0+750,000	-0,613	0+770,000	-2,685
16	0+750,000	0,613	0+770,000	2,685
17	0+750,000	2,047	0+770,000	4,119
18	0+770,000	-4,119	0+780,000	-4,847
19	0+770,000	-2,685	0+780,000	-3,413
20	0+770,000	2,685	0+780,000	3,413
21	0+770,000	4,119	0+780,000	4,847
22	0+780,000	-4,847	0+790,000	-5,288
23	0+780,000	-3,413	0+790,000	-3,854
24	0+780,000	3,413	0+790,000	3,854
25	0+780,000	4,847	0+790,000	5,288
26	0+790,000	-5,288	0+800,000	-5,437
27	0+790,000	-3,854	0+800,000	-4,003
28	0+790,000	3,854	0+800,000	4,003
29	0+790,000	5,288	0+800,000	5,437
30	0+800,000	-5,437	0+830,000	-5,437
31	0+800,000	-4,003	0+830,000	-4,003
32	0+800,000	4,003	0+830,000	4,003
33	0+800,000	5,437	0+830,000	5,437
34	0+830,000	-5,437	0+840,000	-5,287
35	0+830,000	-4,003	0+840,000	-3,853
36	0+830,000	4,003	0+840,000	3,853
37	0+830,000	5,437	0+840,000	5,287
38	0+840,000	-5,287	0+850,000	-4,847
39	0+840,000	-3,853	0+850,000	-3,413
40	0+840,000	3,853	0+850,000	3,413
41	0+840,000	5,287	0+850,000	4,847
42	0+850,000	-4,847	0+860,000	-4,119
43	0+850,000	-3,413	0+860,000	-2,685
44	0+850,000	3,413	0+860,000	2,685
45	0+850,000	4,847	0+860,000	4,119
46	0+860,000	-4,119	0+880,000	-2,049
47	0+860,000	-2,685	0+880,000	-0,615
48	0+860,000	2,685	0+880,000	0,615
49	0+860,000	4,119	0+880,000	2,049
50	0+880,000	-2,049	0+890,000	-1,308
51	0+880,000	-0,615	0+890,000	0,126
52	0+880,000	0,615	0+890,000	-0,126
53	0+880,000	2,049	0+890,000	1,308
54	0+890,000	-1,308	0+900,000	-0,865
55	0+890,000	0,126	0+900,000	0,569
56	0+900,000	-0,865	0+910,000	-0,717
57	0+900,000	0,569	0+910,000	0,717
58	0+910,000	-0,717	1+243,619	-0,717
59	0+910,000	0,717	1+243,619	0,717
60	0+720,000	0,717	0+730,000	0,865
61	0+720,000	-0,717	0+730,000	-0,569
62	0+890,000	-0,126	0+900,000	-0,865
63	0+890,000	1,308	0+900,000	0,569

■ 9.5.2 Datos de alzado

	Estación	Cota	Pendiente(%)	Long.(L)	Radio(kv)	Bisectriz
1	0,000	458,546		0,000	0,000	0,000
2	54,740	458,522	-0,043	0,000	0,000	0,000
3	208,000	458,336	-0,121	0,000	0,000	0,000
4	240,000	458,012	-1,014	0,000	0,000	0,000
5	245,000	457,996	-0,320	0,000	0,000	0,000
6	270,000	458,132	0,545	0,000	0,000	0,000
7	345,000	458,180	0,063	0,000	0,000	0,000
8	368,000	458,340	0,697	0,000	0,000	0,000
9	411,000	458,559	0,509	0,000	0,000	0,000
10	443,000	458,851	0,912	0,000	0,000	0,000
11	488,000	458,916	0,146	0,000	0,000	0,000
12	546,000	459,171	0,440	0,000	0,000	0,000
13	622,000	459,113	-0,077	0,000	0,000	0,000
14	670,000	459,098	-0,030	0,000	0,000	0,000
15	730,000	458,923	-0,292	0,000	0,000	0,000
16	759,000	458,719	-0,704	0,000	0,000	0,000
17	785,000	458,318	-1,542	0,000	0,000	0,000
18	840,000	458,385	0,121	0,000	0,000	0,000
19	880,000	459,463	2,695	0,000	0,000	0,000
20	900,000	459,886	2,115	0,000	0,000	0,000
21	934,000	460,221	0,987	0,000	0,000	0,000
22	970,000	461,602	3,835	70,000	2,793,119	0,219
23	1,012,000	464,266	6,342	0,000	0,000	0,000
24	1,032,000	466,161	9,479	0,000	0,000	0,000
25	1,057,000	469,115	11,813	0,000	0,000	0,000
26	1,136,000	479,892	13,642	0,000	0,000	0,000
27	1,206,000	488,284	11,990	65,000	-506,106	-1,044
28	1,240,000	487,994	-0,854	0,000	0,000	0,000
29	1,245,596	487,931	-1,129	0,000	0,000	0,000

■ 9.5.3 Datos de sección tipo

	Estación	Hombro	Ancho vía	Entre eje lzq.	Entre eje Der	Tal.l.	Tal.D.	Tipo traviesa	Tipo carril	Tipo gálibo
1	0+720,000	0,500	1,435	0,000	0,000	0,001	0,001	REDAL-2000 (Trabajo	Ri60N (Trabaj	Implant. O. GIF 5,45
2	0+730,000			0,148	0,148			REDAL-2000 (Trabajo	NINGUNO	NINGUNO
3	0+740,000			0,591	0,591			REDAL-2000 (Trabajo	NINGUNO	NINGUNO
4	0+750,000			1,330	1,330			REDAL-2000 (Trabajo	NINGUNO	NINGUNO
5	0+760,000			2,370	2,370			REDAL-2000 (Trabajo	NINGUNO	NINGUNO
6	0+770,000			3,402	3,402			REDAL-2000 (Trabajo	NINGUNO	NINGUNO
7	0+780,000			4,130	4,130			REDAL-2000 (Trabajo	NINGUNO	NINGUNO
8	0+790,000			4,571	4,571			REDAL-2000 (Trabajo	NINGUNO	NINGUNO
9	0+800,000			4,720	4,720			REDAL-2000 (Trabajo	NINGUNO	NINGUNO
10	0+830,000			4,720	4,720			REDAL-2000 (Trabajo	NINGUNO	NINGUNO
11	0+840,000			4,570	4,570			REDAL-2000 (Trabajo	NINGUNO	NINGUNO
12	0+850,000			4,130	4,130			REDAL-2000 (Trabajo	NINGUNO	NINGUNO
13	0+860,000			3,402	3,402			REDAL-2000 (Trabajo	NINGUNO	NINGUNO
14	0+870,000			2,370	2,370			REDAL-2000 (Trabajo	NINGUNO	NINGUNO
15	0+880,000			1,332	1,332			REDAL-2000 (Trabajo	NINGUNO	NINGUNO
16	0+890,000			0,591	0,591			REDAL-2000 (Trabajo	NINGUNO	NINGUNO
17	0+900,000			0,148	0,148			REDAL-2000 (Trabajo	NINGUNO	NINGUNO
18	0+910,000			0,000	0,000			REDAL-2000 (Trabajo	NINGUNO	NINGUNO
19	1+243,619	0,500	1,435	0,000	0,000	0,001	0,001	REDAL-2000 (Trabajo	Ri60N (Trabaj	Cin. GIF H.C 5,45

BIBLIOGRAFÍA

- Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía. Delegación Madrid – Castilla La Mancha:
Fundamentos del sistema GPS y aplicaciones en la Topografía.
- E.U.I.T.: Apuntes de la asignatura de Topografía. Capítulo de “Nivelación geométrica”.
- Modelización de la Interacción Vía-Tranvía.
- Secciones tipo. Documentación de:
Communauté Urbaine de Bordeaux; Mission Tramway
Tramway Infrastructures Systèmes Aménagements
- Documentación Web:
 - Topcon Positioning. Manuales web para utilización de instrumentos y software.
 - Cartesia (www.cartesia.org)
 - Historia del tranvía. Wikipedia, la enciclopedia libre.
 - Madrid tranvía. Un nuevo modelo de ciudad (www.tramvia.org)
 - Informe de tranvías y metros ligeros en España. Información web en:
“Vía libre – La revista del ferrocarril”.